Türkiye'den Bilimcilerin Gözüyle ve Katkılarıyla...

Bilim ve Teknik



Lazerin 50. Yılı Özel Sayısı

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Mayıs 2010 Yıl 43 Sayı **510**
4 TL

Türk Bilimcilerin Dünyayla Yarıştığı Teknoloji

Lazer

Askeri Lazerler

Uzaydan Türkiye...

Lazer Televizyonlar

Evde Azot Lazeri Yapalım

Şişmanlığın Genleri

Beynin Karanlık Enerjisi

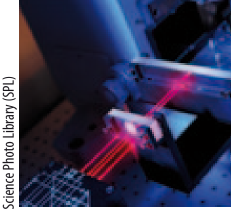


Bilim ve Teknik

TÜBİTAK

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 43 Sayı 510
Mayıs 2010

"Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır" Mustafa Kemal Atatürk


Science Photo Library (SPL)

İlk lazer 16 Mayıs 1960'ta çalıştırıldı. İçinde bulunduğumuz Mayıs ayında lazerin kullanıma girişinin 50. yılı dünya bilim çevrelerinde çeşitli etkinliklerle kutlanıyor. Toplantılar ve film gösterileri düzenleniyor, özel web sayfaları hazırlanıyor, dergiler özel sayılar çıkarıyor.
Derginiz Bilim ve Teknik de elinizdeki lazer özel sayısıyla bu 50. yıl kutlamalarına katılıyor. Lazerin 50. yılında özel sayı çıkarma fikri yaklaşık olarak bir yıl önceki bir yayın kurulu toplantımızda ortaya atıldı. Konuyu öneren yayın kurulu üyemiz Adnan Kurt, Alphan Sennaroğlu ile birlikte bu yazıların editörlüğünü de üstlendi. Adnan Bey, konu başlıklarının ve yazıları hazırlayacak yazarların belirlenmesi konusunda son ana kadar adeta hepimizden gizli çalışmış. Bize sunduğu liste konuyu bütün yönleriyle ele alıyordu. Yazarlarsa konularında ülkemizin yetiştirdiği en yetkin, dünya çapında isimlerdi. Konuk editörlerimiz Adnan Kurt ve Alphan Sennaroğlu bu özel sayıyla ilgili sunum yazılarında yazarlar için "Bu bilimcilerin hepsi Bilim ve Teknik okurlarıydı, hâlâ okurları ve Bilim ve Teknik dergisine katkıda bulunuyorlar" diyor. Bu ise bizim için ayrı bir gurur kaynağı. Bu özel sayıyla ilgili söylenecek çok şey var ancak "Lazerin 50. Yılı" sunumunu dergimizin 24.-25. sayfalarında konuk editörlerimiz yapıyor. Burada dergimiz adına Sayın Adnan Kurt'a ve Alphan Sennaroğlu'na en içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.
Dergimiz bir özel sayı olmasına rağmen farklı bilimsel alanlardaki yazılara ve haberlere de yer ayırmak istedik.
Bunun için sayfa sayımızı artırarak 128 sayfadan oluşan bir dergiyle karşınıza çıktık. Yaklaşık 70 sayfamız lazer konusuna ayrıldı.
Kalan sayfalarımızda dergimiz yazarlarının yazılarına yer verdik. "Uzaydan Türkiye" başlıklı yazısında Alp Akoğlu, çoğuna internet aracılığıyla hepimizin ulaşabileceği uydu görüntüleri yoluyla bilimcilerin ülkemiz hakkında elde ettikleri verilerden örnekler sunuyor.
Arkadaşımız Zeynep Ünalan ise bilimcilere farklı açıdan bir bakış getiren "Belirsiz Bilim" yazısıyla bu sayıda yer alıyor. Bahri Karaçay ise "Şişmanlık Genleri" başlıklı yazısıyla her zaman olduğu gibi ilgiyle okunacak bir yazı ortaya çıkarmış. Arkadaşımız İlay Çelik'in "Beynin Karanlık Enerjisi" ve Bülent Gözcelioğlu'nun "Fotokapan" başlıklı yazılarına yer verirken, sayfalarımız yetmediği için arkadaşımız Özlem İkinci'nin çölyak hastalığını ele alan yazısına bu sayımızda yer veremedik.
Dergimizde geçen sayıda yazmaya başlayan kurumumuz çalışanı Oğuzhan Vıcıl da yazılarıyla bundan sonra aramızda olacak.
Oğuzhan gibi dergimizi lise yıllarında okumaya başlamış, bilim ile Bilim ve Teknik dergisi aracılığıyla tanışmış genç bilimcilerden sıkça bilim alanlarıyla ilgili yazma istekleri alıyoruz. Bundan büyük mutluluk duyuyor ve elimizden geldiğince de yazılarına yer vermeye çalışıyoruz.
Daha güzel bir Bilim ve Teknik için tüm bilimsever okuyucularımızın görüş ve düşüncelerini bekliyoruz.

Saygılarımızla
Duran Akca

Yazışma Adresi
Bilim ve Teknik Dergisi
Atatürk Bulvarı
No: 221 Kavaklıdere 06100
Çankaya - Ankara

Tel
(312) 427 06 25
(312) 427 23 92

Faks
(312) 427 66 77

Okur İlişkileri
(312) 467 32 46
(312) 468 53 00/1061-3438
Faks: (312) 427 13 36

Internet
www.biltek.tubitak.gov.tr
e-posta
bteknik@tubitak.gov.tr

ISSN 977-1300-3380

Fiyatı 4 TL
Yurtdışı Fiyatı 5 Euro.

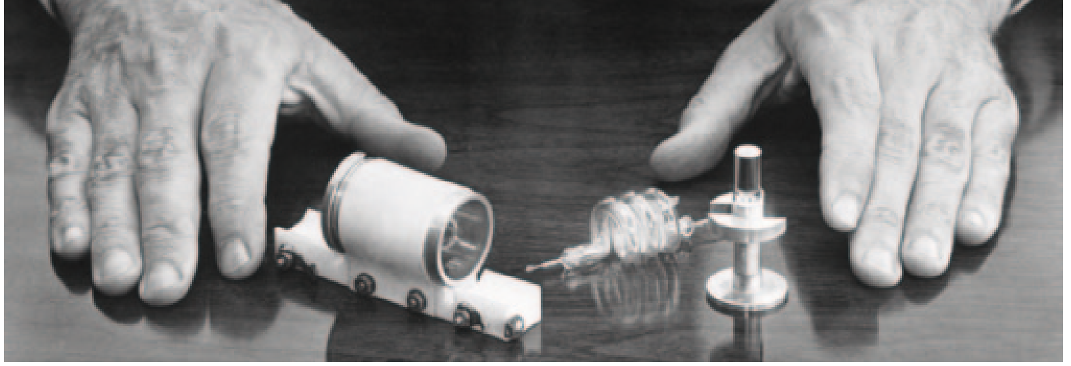
Dağıtım: TDP A.Ş.
http://www.tdp.com.tr

Baskı: İmpress Baskı Tesisleri
İmaj İç ve Dış Tic. A.Ş.
imajas.com.tr

Baskı Tarihi: 28.04.2010

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı [Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247] tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı [7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

İçindekiler













Kuyrukluyıldızla Çarpışmak

R. Büşra Kamiloğlu

Bir kuyrukluyıldızın gezegene çarpması felaket haberi gibi görünse de yapılan çalışmalar, çarpışmanın her zaman kötü sonla bitmeyeceğini gösteriyor. Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'ndan Nir Goldman ve ekibi, çarpışmanın proteinlerin yapıtaşı olan aminoasit yapımı için mükemmel bir ortam oluşturabileceğini söylüyor. Aminoasitler canlıların temel yapı taşlarından olduğu için çarpışmanın sonunda potansiyel yaşam alanları oluşabiliyor.



NASA

Bir gezegeni sıyırıp geçen bir kuyrukluyıldızın içindeki buz zerreciğinde ne tür kimyasal tepkimeler gerçekleştiğini merak eden araştırmacılar bunun bir canlandırmasını yapmışlar. Canlandırma, kuyrukluyıldızın merkezindeki buzun yapıtaşı olarak bilinen su, metil alkol, amonyak, karbondioksit ve karbon monoksitten oluşan 210 molekül içeriyor ve 29 km/sn hızla hareket eden bir kuyrukluyıldızın gezegene çarpmasıyla başlıyor. Çarpışma anında bir şok dalgası yayılıyor. Bu şok dalgası kuyrukluyıldızda basınca neden oluyor ve bu basınç dalgası kuyrukluyıldızın etrafında sesten daha hızlı hareket etmeye başlıyor. Sonuç olarak içindeki moleküller deforme oluyor ve bağları kırılıyor. Ama bu çarpışma kafa kafaya değil, gezegeni sıyıracak şekilde gerçekleşiyor; aksi halde ortaya çıkacak enerji her iki gök cisminin de sonu olabilir.

Görece düşük basınç ve sıcaklık koşullarında gerçekleştirilen ilk canlandırmada üre ve karbon-azot bağları içeren kararsız bileşikler oluştuğu gözlenmiş. Bu bileşikler aminoasit oluşumuna dair ilk ipuçlarını oluşturuyor. Simülasyonun ikinci basamağı daha yüksek basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirilmiş. Bu koşullardaysa karbon-nitrojen bağı içeren daha büyük ve karmaşık moleküller oluştuğu tespit edilmiş.

Canlandırmada kuyrukluyıldız, çarpışmadan sonra gevşeme, soğuma ve genleşme evrelerinden geçiyor. Bundan 50 piko saniye sonra karbon-azot bağları içeren hidrojen siyanür ve üre gibi beş çeşit molekül oluşuyor. Ekibe en ilginç gelen durum ise karbondioksite yapışmış glisinin (bir tür aminoasit) neye benzediğini görmeleri oldu.

Aminoasitleri oluşturan bileşenlerin kuyrukluyıldızın içinde de olduğu bir süredir biliniyordu. Yapılan son çalışmalarla, radyasyonun da etkisiyle kuyrukluyıldızınkine benzer ortamlarda aminoasit sentezinin gerçekleşebileceği görülmüş oldu.

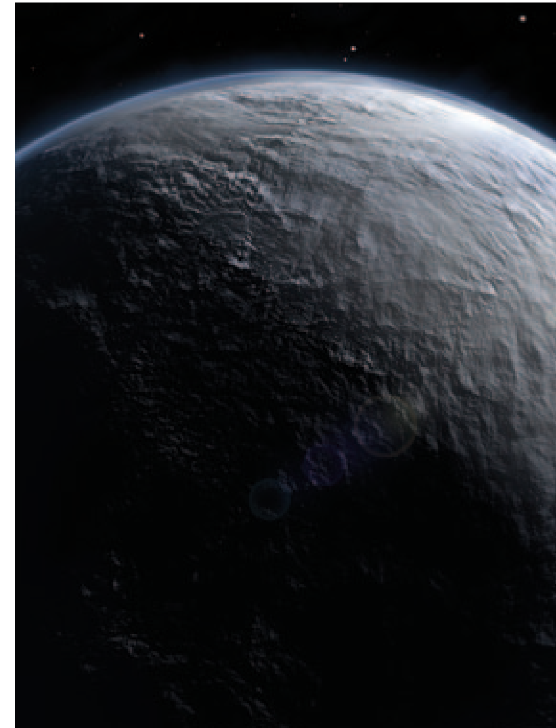
Gökadamızdaki Yerbenzeri Ötegezegenler Sanılandan Fazla

Yunus Can Esmeroğlu

Yaklaşık yarım yüzyıl önce Amerikalı gökbilimci Frank Drake, Samanyolu'nun Dünya benzeri gezegenlerle dolu olduğunu öne sürmüştü. Haklı mıydı acaba? Güncel gözlemlere göre, önceden Güneş benzeri yıldızlar olan beyaz cücelerin büyük bir çoğunluğu geçmişlerinde en az bir kayasal gezegen barındırmışlardı ki kayasal gezegenler yapı olarak Dünya'mızla birçok ortak özelliğe sahip.

Güneş benzeri yıldız sayısı da Samanyolu'ndaki birkaç yüz milyarlık yıldız nüfusunun yarısından fazlasını oluşturduğuna göre, gökadamızda yüzlerce hatta binlerce uygarlık bulunması mümkün. Ancak hâlâ gökadamızdaki kayasal gezegen sayısı konusunda astronomların kafası karışık. Bugünün teknolojisi bile bu sayıyı belirlemeye yetmiyor. Ancak geride bıraktığımız Nisan ayının 13'ünde İngiltere Glasgow'da yapılan Kraliyet Astronomi Topluluğu toplantısında araştırmacılar yeni bir yöntem önerdi. Bu yöntem beyaz cüceleri kullanıyor. Beyaz cüceler geçmişlerinde tıpkı bizim güneşimiz gibi parlarken milyarlarca yıl boyunca genişleyerek kırmızı dev olarak adlandırılan devasa (Güneş çapının 200 katı kadar) bir türe dönüşürler. Daha sonra içe çökerek ve yavaş yavaş sönerek, kırmızı dev olmadan önceki boyutlarının yarısına kadar küçülürler. Yani beyaz cüce olurlar. Bu sırada etraflarını ince bir atmosfer çevreler. Araştırmacılara göre bu atmosfer kayasal gezegenler hakkında önemli ipuçları barındırabilir.

Yapılan araştırmalarda birkaç yüz ışık yılı uzaklıktaki beyaz cücelerden gelen ışıktaki kimyasal izler, bu gök cisimlerinin atmosferlerinde kalsiyum gibi ağır elementlerin bulunabileceğini gösteriyor. Bu ağır elementler için tahmin edilen tek kaynak ise kayasal gezegenler. Bu çalışmaya göre kayasal gezegenler sanılandan çok daha fazla.



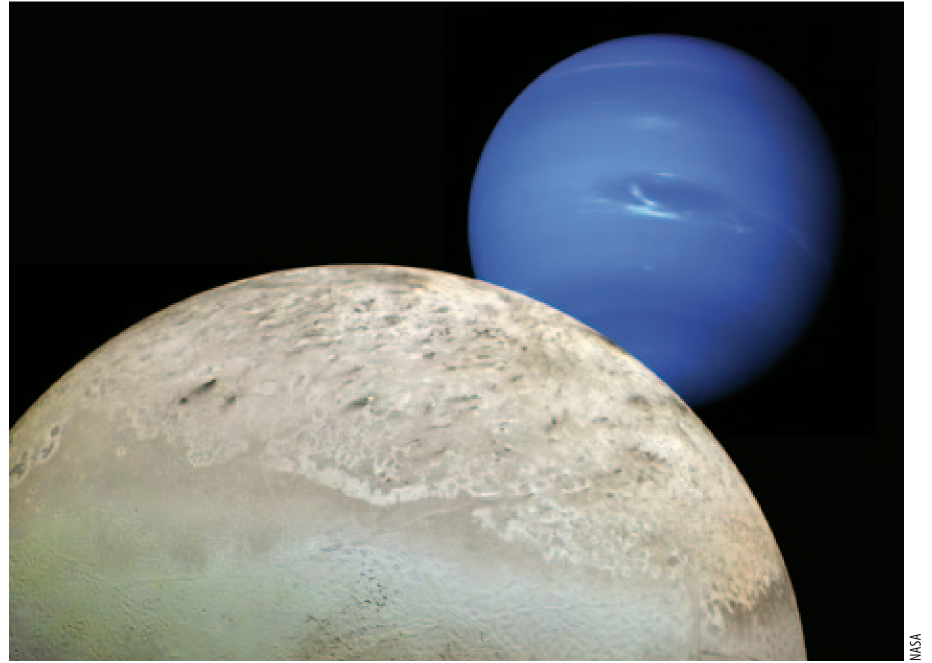
Katil Neptün

R. Büşra Kamiloğlu

Neptün bir gezegeni yutmuş ve onun uydusunu çalmış olabilir. Bu katliam, buzlu gezegenden yayılan gizemli ısıyı ve uydusu Triton'un tuhaf yörüngesini açıklayabilir.

Neptün'ün varlığı günümüze kadar hep soru işaretleriyle doluydu. Yakın zamana kadar dış gezegen olan Neptün'ün, Güneş'ten uzaklaştıkça azalan toz bulutunun içinde oluştuğu düşünülüyordu. Ancak yapıtaşının bu kadar azalmış olmasına karşın Uranüs ve Neptün'ün neden bu kadar büyük olduğu da henüz cevaplanamamıştı.

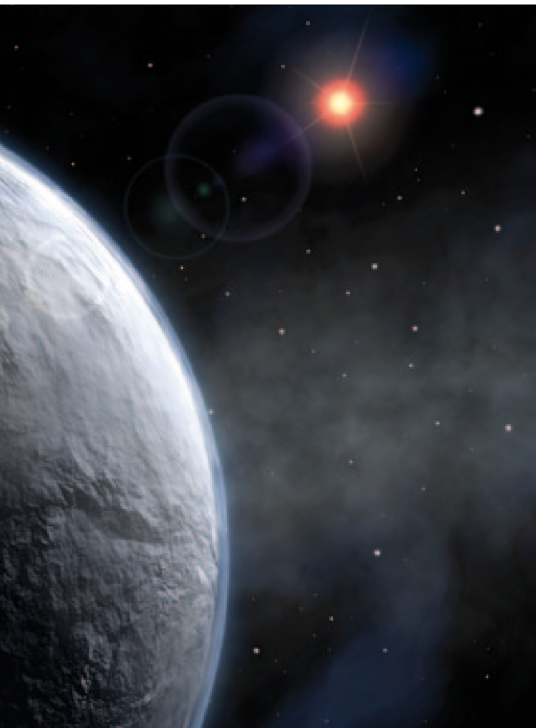
2005 yılında ortaya atılan kurama göre bu gezegenler sanıldığı gibi şimdiki yerlerinde değil, Güneş'in yakınlarında oluştu ve sonra Güneş'ten uzaklaşarak dışa doğru göç etti.



NASA

2008 yılında yapılan araştırmalar gösteriyor ki bu göç sırasında geriye kalan malzeme Dünya'nın iki katı kütleye sahip. Bu maddeden, Dünya'dan çok daha büyük yer benzeri gezegenler oluşmuş olabilir. İşte Triton da bu gezegenlerden birinin uydusu olabilir. Tritonun Neptün'le beraber oluşmamış olabileceğinin en büyük göstergesi, yörüngesinin Neptün'ünkinin tersine olması. Diğer yandan, Triton'un Neptün tarafından yakalanabilmesi için ciddi bir şekilde yavaşlamış olması gerekiyor. Bunun olabilmesinin tek yolu Triton'un, Neptün'le karşılaştığında enerjisinin çoğunu kendi üzerine alacak bir eşe yani bir gezegene sahip olması.

Neptün, Triton'un muhtemel eşi olan gezegeni yutmuşsa, dışarıya yaydığı ısı bu çarpışma sırasında açığa çıkan ısı olabilir. Bu da Neptün'ün yakın kütle ve bileşime sahip Uranüs'ten neden daha çok ısı yaydığının yanıtı olabilir.



NASA

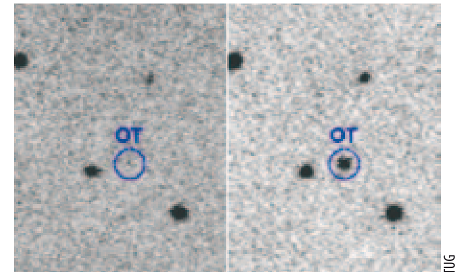
100418A Gama Işını Patlaması TUG'dan Gözlendi

Ersin Göğüş

18 Nisan 2010 günü NASA'nın Swift adlı uydu teleskobu ile belirlenen gama ışını patlamasının görünen dalga boyundaki ışıması TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) Bakırlıtepe Yerleşkesi'nde bulunan RTT150 teleskobuyla gözlendi.

Gama ışını patlamaları evrenin dört bir tarafında görülebilen ve Büyük Patlama'dan sonra en yüksek mertebede enerji içeren olaylardır. Patlama, gama ışını öncü ışıması ile kendini belli eder. Sonrasında uzayın aynı bölgesinden daha uzun dalga boylarında (X-ışını, görünen, radyo) ardıl ışımalar gözlenebilir. Görünen dalga boylarındaki ardıl ışımanın şiddeti genellikle zamanla azalarak gözlenebilirlik sınırı altına iner.

RTT150 ile gerçekleştirilen ardıl ışıma gözlemleri, benzeri diğer gözlemlerden farklı olarak 100418A patlamasından sonra optik ışıma şiddetinde ani yükselişlerin olduğunu ortaya çıkardı. TUG'da gerçekleştirilen bu gözlemler patlamanın meydana gelişi ve üretilen ışımanın yayılımı konusunda çok önemli ipuçları verecek nitelikte. Türk ve Rus bilim insanlarından oluşan çalışma ekibi bir yandan patlamanın ardıl ışımasını RTT150 teleskobuyla optik dalga boylarında gözlemeye devam ediyor, diğer yandan da sonuçların duyurulacağı bilimsel makale üzerinde çalışmalarını sürdürüyor.



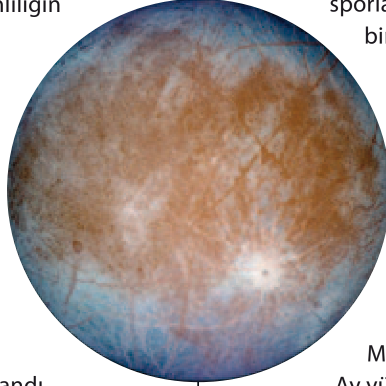
TUG

Not: Gama Işını Patlamaları çok uzak mesafelerdeki gökadalarda meydana geldikleri için, yaydıkları enerji çok yüksek miktarlarda olsa da, yeryüzündeki hayatı etkilemez.

Bu mikro-organizmalar üşümüyor!

Yunus Can Esmeroğlu

Bilim insanları önceleri çok yüksek ya da çok düşük sıcaklıklarda yani "aşırı" koşullarda canlılığın sürdürülemeyeceğini düşünürdü. Ancak 1980'lerde biyologlar derin denizlerdeki sıcak su akıntılarında yaşayan bakterileri keşfettiler.
Bu bakteriler 120°C'ye kadar olan sıcaklıklarda bile yaşayabiliyordu. Bu durum bilim dünyasında oldukça heyecanla karşılandı. Her ne kadar aşırı sıcakla ilgili bir tez çürümüş olsa da, bilim insanları aşırı soğuklar için henüz fikir değiştirmemişti. Çok aşırı soğuklarda yaşamsal faaliyetler süremezdi. Zaten tüm biyolojik sistemler suyu ancak sıvı olduğu koşullarda kullanabilirdi. Hatta aşırı soğuklarda hücre zarları bile katılaşır ve esnekliğini kaybederdi. Ancak liderliğini Queen's Üniversitesi'nden John Hallsworth'un yaptığı bir grup bilim insanı bu düşünceyi de yıkacak gibi görünüyor. Çünkü bu grup -80°C'de bir mantar türünün yaşayabildiğini gösterdi.



Ekip öncelikle hücresel makro-moleküllerin yapısını bozan özel bir çözeltinin (kaotropik çözelti) hem mikropların etrafındaki suyun donmasını engellediğini hem de düşük sıcaklıkların katılaştırıcı etkisini bertaraf ettiği hipotezini kurarak işe başlamış.

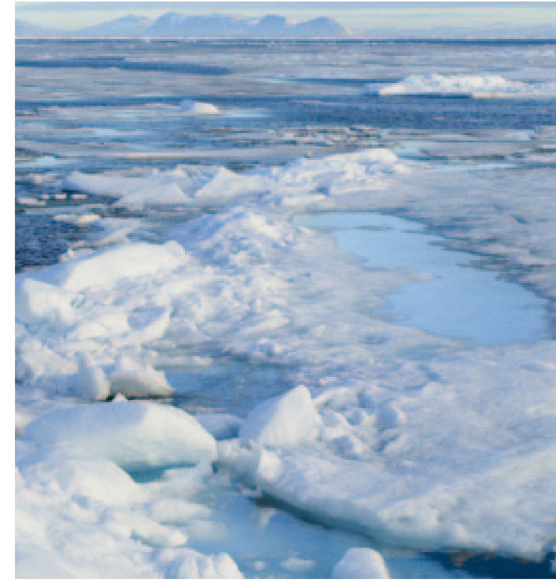
Bu hipotezi test etmek için, araştırmacılar önce çözünen madde olarak gliserol hazırladılar. (Gliserol, laboratuvarlarda makromolekülleri düşük sıcaklıklarda korumak için kullanılır, ancak derişik olarak kullanıldığında makromoleküllerin yapısını değiştirir.) Daha sonra düşük sıcaklıkları tolere edebilen bir mantar cinsinin büyümesini iki ayrı besi ortamında gözlemlediler. Ortamlardan biri kaotropik çözelti içerirken diğeri kaotropik çözeltinin aksine makro-moleküllerin mevcut yapısını koruyan bir çözelti (kosmotropik çözelti) içeriyordu. Sıcaklık 1,7°C'ye kadar düşürüldüğünde kaotropik çözeltide bulunan mantarlarda daha iyi büyüme gözlemlediler. Hallsworth ve ekibi bunun üzerine mantarlardan alınan sporları aşırı soğuğa, -80°C'ye maruz bıraktılar. Sonuç şaşırtıcıydı: kosmotropik çözeltideki sporların % 60'ının ölmesine rağmen kaotropik çözeltideki sporların sadece % 5'lik bir kısmı ölmüştü. Yani hipotez doğrulanmıştı. Hallsworth'a göre bu keşif, diğer gezegenlerdeki yaşam araştırmalarına farklı boyutlar kazandıracak. Çünkü bu kaotropik karışımlar, gerek Mars yüzeyinde, gerek Ay yüzeyinde, gerekse de Jüpiter'in uydusu olan Europa'da bulunduğu için bu tür alanlarda yaşam oluşabilme olasılığı artıyor.

3,8 Milyar Yıl Önce Okyanusların Buzlanmasına Ne Engel Oldu?

Zeynep Ünalan

Yıldızların evrimine dair modeller yıldızların yaşlandıkça, merkezlerindeki termonükleer tepkimeler sonucu parlaklıklarının arttığını söylüyor. Yıldızımız Güneş de bundan 3,8 milyar yıl önce, Arkeen çağı denen dönemde, şimdiki haline kıyasla % 30 daha donuktu. Güneş ışınlarındaki bu azalma Dünya'da bir buz devri yaşandı, okyanuslar buz tuttu demek oluyor. Ancak jeolojik kanıtlar, beklenin aksine o dönemlerde Dünya'da bol miktarda su olduğunu gösteriyor. O zamanlar atmosferdeki karbondioksit (CO_2) yoğunluğunun şimdikinden 100 kat daha fazla olması bu ikilemin çözümü olarak sunuluyor. Ancak CO_2 gibi sera etkisi yapan gazların miktarının bu kadar fazla olduğuna dair ikna edici bir kanıt henüz bulunamadı. Hatta *Nature* dergisinin 1 Nisan tarihli sayısında bu savı yanlışlayan bir çalışmaya yer verilmiş.

Çalışmalarını güneybatı Grönland'da gerçekleştiren Kopenhag Üniversitesi'nden Minik Rosing başkanlığındaki ekip, denizin altındaki 3,8 milyar yıllık tortul kayaları incelemiş ve tortullardaki manyetit ve siderit minerallerinin miktarını karşılaştırmış. Atmosferden gelerek suda çözünen CO_2 miktarının çok fazla olması durumunda siderit oluşurken, az olması durumunda manyetit oluşuyor. Bu gerçekten hareketle iki mineralin miktarlarını oranlayan ekip o zamanki CO_2 miktarının şimdikinden ancak üç kat fazla olabileceğini bulmuş. Bu kadar CO_2 ise gereken sera etkisini yaratıp okyanusları sıvı halde tutmaya yeterli değil. Peki karbon dioksit yerine gezegenimizi sıcak tutan neydi? Ekibin açıklaması şöyle: "3,8 milyar yıl önce su üzerindeki kıta miktarı şimdikinden daha azdı. Bir yandan kıtalardan yansıyan ısı yüzdesi azken bir yandan da ısıyı emen okyanuslar daha çok yer kaplıyordu.



Ayrıca sulardaki canlıların ve çıkardıkları gazların azlığı nedeniyle gökyüzünde daha az bulut vardı. Bulutların azlığı ise Güneş'ten gelen ışınların atmosferden geri yansımasının az olması demek."
Bu açıklama, sera etkisi yapan gazların hiç olmadığını göstermiyor, ama bu gazların sanıldığı kadar da etkili olmadığı ve o zamanki jeolojik koşulları açıklayabilecek başka etkenler üzerinde daha çok düşünülmesi gerektiğini gösteriyor.

Yeni bir Evren Modeli

Zeynep Ünalan

Karadeliklerin zıttı varsayılan, maddeyi yutmak yerine kusan akdelikler! Karadelik ve akdeliği birbirine bağlayan Einstein-Rosen köprüleri!

Geçen ay *Physics Review B* dergisinde çıkan, bu kavramların sıkça kullanıldığı bir makalede evrenimizin başka bir evrende bulunan bir karadeliğin içinde olduğundan bahsediliyor. Aslında bu fikir yeni değil. Aralarında B. Temple ve J. Smoller'ın da olduğu birçok bilim insanı, evrenin bir karadelik içindeki patlama sonucu oluştuğunu öngörmüştü. Poplawski'nin geçen ayki makalesi biraz farklı. Poplawski, her karadeliğin genel görelilikte bir Einstein-Rosen çözümü olduğunu söylüyor. Karadelik oluşurken, eşzamanlı olarak, Einstein-Rosen köprüsünün diğer ucunda bulunan akdelikten başka bir evrenin oluştuğu öngörülüyor. Poplawski, bu evren modeli ile kozmolojideki bazı problemlerin -örneğin karadeliklerdeki bilgi kaybının- ortadan kalktığını belirtiyor. Ancak model, iç içe geçmiş evrenlerden oluşan bir evren silsilesi sunduğu için maddenin başlangıcı sorusu yine yanıtsız kalıyor.



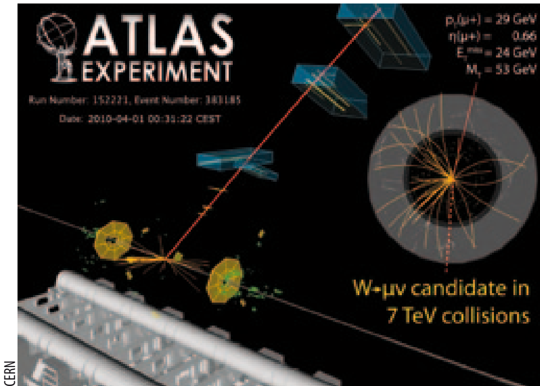
NASA

CERN'de Zayıf Kuvvetin İzi Belirmeye Başladı

Melahat Bilge Demirköz

CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda (LHC) 30 Mart'ta yüksek enerjili (7 TeV'de) çarpışmalar başlamıştı. LHC çarpışmalara devam ederken, o günden bu yana tüm dünya medyası gelişmeleri merakla izliyor.

LHC şu anda yüzde 60 verimlilikle çalışma temposunu yakalamış durumda. Bu da bir günde ortalama 15 saat boyunca çarpışmaların devam edebilmesi demek. Bu yazının yazıldığı 25 Mart itibariyle, dört deney düzeneği noktasında da saniyede yaklaşık 600 çarpışma gerçekleşmekte. LHC her deney düzeneğinde çemberin içindeki dönüş başına sadece iki çift parçacık huzmesini çarpışmakta. Çarpışan huzme ikilisi sayısının artmasıyla, LHC'de saniye başına düşen çarpışma sayısının önümüzdeki günlerde arttırılması heyecanla bekleniyor.



CERN

LHC'deki dört deneyde de şimdiye kadar toplanan çarpışma sayısı miktarı 60 milyona ulaştı. Sayının büyümesiyle birlikte doğanın dört kuvvetinden biri olan zayıf kuvvetin izi belirmeye başladı. Zayıf kuvvetin taşıyıcılarından olan W ve Z parçacıkları 1983 yılında CERN'deki SPS çarpıştırıcısı sayesinde UA1 deneyinde keşfedilmiş ve bu keşif UA1 deneyinin lideri olan Prof. Carlo Rubbia'ya ve SPS hızlandırıcısının fikir babası Dr. Simon van der Meer'e Nobel Ödülü'nü getirmişti. LHC'de zayıf kuvvetin taşıyıcıları olan W ve Z parçacıklarının tekrar görülmesi hem kalibrasyon hem de fizik için önemli ölçümlere yol açması açısından önem taşıyor. ATLAS deneyi geçtiğimiz hafta içinde W parçacığı olması ihtimal dahilinde olan iki çarpışmanın fotoğrafını yayınlayarak, CERN'deki tüm fizikçileri heyecanlandırdı. Daha nadir olarak ortaya çıkan Z parçacığının da yakında gözlemlenmesi umuluyor.

Daha İyi Öğrenmek İçin Bol Bol Rüya

Oğuzhan Vıcıl

Kaliteli ve düzenli uykunun beden sağlığı ve zindeliği açısından önemi çok uzun zamandır birçok kişinin farkında olduğu bir şey. Bilim insanları son yıllarda yaptıkları çalışmalarla özellikle uyku ve zihinsel performans ilişkisi üzerinde yoğunlaştılar. Bu çalışmalarda gece alınan iyi bir uykuya ek olarak öğle araları yapılan şekerlemelerin, kişinin hafıza ve düşünsel performansları üzerinde pozitif etkisi olduğu gösteriliyor.

Beth Israel Deaconess Tıp Merkezi'ndeki (BIDMC) bilim insanları liderliğinde gerçekleştirilen güncel bir çalışma ise, uykuya ek olarak rüya görmenin öğrenme üzerindeki katlayıcı etkilerini açığa çıkarıyor. Yüz yıldır bilim insanları rüya görmenin şifresini çözmeye çalışıyorlar. Niçin ve nasıl rüya görülür, her bir rüya evresinde tam olarak neler olur gibi sorular uzun yıllardır araştırmacıları meşgul eden konular arasında yer alıyor. BIDMC tarafından yapılan ve sonuçları *Current Biology* dergisinde geçtiğimiz Nisan ayında yayımlanan bilimsel bir çalışma, rüya görmenin aslında beynin yeni bilgileri işleme, birleştirme ve anlama metodu olabileceği yönünde güçlü kanıtlar ortaya koyuyor. Çalışmada yer alan Harvard Tıp Fakültesi Psikiyatri Bölümü'nden Prof. Robert Stickgold rüyaların, uyku durumunda olan beynin anılar ve hafıza üzerinde - performans arttırıcı yollar bulmak da dahil - birden fazla seviyede işlem yaptığının göstergesi olduğunu belirtiyor.

Current Biology dergisinde yayımlanan çalışmada 99 denek yer aldı ve kendilerine çözmeleri için bilgisayar ekranında üç boyutlu karmaşık bir labirent problemi verildi. Verilen görev, çıkış noktasına en kısa sürede ulaşabilmek. Deneklerin labirentin yerleşimini öğrenebilmeleri için bir saat boyunca pratik yapmalarına imkân verildi ve bu sürenin sonundaki performansları kaydedildi. Bir saat sonunda denekler iki gruba ayrıldılar. İlk gruptakiler 90 dakikalık şekerleme yapacak, diğer gruptakiler ise uyanık kalmak koşuluyla bir takım sessiz aktiviteler gerçekleştirecekti. Labirentteki ilk antrenmandan beş saat sonra aynı labirent sorusu çözmeleri için tekrar deneklere verildi. Oldukça çarpıcı sonuçlar ortaya çıktı. Şekerleme yapmayanlar - uyanık kaldıkları süre içinde labirent sorusunu düşündüklerini belirtenler dahil - herhangi bir gelişme gösteremediler. Şekerleme yapıp rüyasında labirent sorusu dışında şeyler görenlerle rüyalarını hatırlamayanlar az bir gelişme gösterirken, hem uyuyup hem de rüyasında labirent sorusu ile meşgul olanlarda etkileyici bir gelişme görüldü (uyuyup rüya görmeyenlerin gösterdiği gelişmenin 10 katı kadar).

Rüya görmenin gizemlerinden biri, öğrenme ve zihinsel performans üzerindeki etkileri bakımından bu çalışma ile ortaya çıkıyor. Sonuçları açısından bu bulgular, sınav maratonu nedeniyle ders çalışmaktan yorgun düşen öğrenciler ve profesyonel işi gereği yoğun zihinsel faaliyet içindeki kişiler için ayrı bir önem arz ediyor. Eğer siz de bu gruptaki kişilerdenseniz, bizden size bir tavsiye. Düzenli uyuyun ve fırsat buldukça şekerleme yapın. Çünkü uyumadan rüya görülmez!


Thinkstock

Manyetik Alan, Ahlaki Yargılama Yetisini Etkiliyor!

Oğuzhan Vıcıl

Gün geçmiyor ki manyetik kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkilerine bir yenisi daha eklenmesin! Ortada o kadar çok spekülasyona dönük iddia ve haber dolaşıyor ki, alışık olduğumuz için bu tip haberlerin birçoğu sıradanlıktan öteye geçemiyor. Ama dünyanın önde gelen araştırma enstitülerinden Massachusetts Institute of Technology'de (MIT) gerçekleştirilen ve oldukça önemli sonuçları olabilecek bir çalışma, hem bu işle uğraşan bilim insanlarını hem de yazıyı okuduktan sonra siz okurları bayağı şaşırtacak türden!

Yapılan işler, niyetlere göre değerlendirilir. Nasıl ki bir kişiye kazara zarar verme ile bilinçli bir şekilde zarar verme açısından farklılık varsa, iyilik adı altında yapılan yardımların da samimi olarak yapılması ile bir menfaat ya da gösteriş amaçlı yapılması açısından fark vardır. Başkalarının ruh halini yorumlama, mantığını çözümleme, isteklerini ve niyetlerini anlayabilme yetisi demek olan ve bilişsel bilimcilerin "akıl teorisi" adını verdikleri bu kavram aslında insanoğlunun çok küçük yaşlarda edindiği ve hayatta kalma becerisinin temel unsurunu oluşturan bir olguyu içeriyor.

Sağ Temporo-parietal Bölge ve Akıl Teorisi İlişkisinde İlk Keşif

Ahlaki yargılama yapmaya yönelik başkalarının niyetlerini okuyabilme işini, insanoğlunun hangi beyin fonksiyonları ile yapabildiği uzun bir zamandır nörologların cevabını aradığı sorular arasında yer alıyordu. MIT Beyin ve Bilişsel Bilimler Bölümü'nden Prof. Rebecca Saxe yaklaşık

on yıl kadar önce yaptığı çalışmalarda, sağ kulağın arkasında beynin yukarı yüzeyinde yer alan sağ temporo-parietal bölgenin (TPJ) akıl teorisi ile ilişkisini keşfetmiş. Daha sonraki dönemde fonksiyonel MR (fMRI) tekniği kullanarak yaptığı çalışmalarla başkalarının düşünceleri, niyetleri ve inançları hakkında aktif olarak hüküm yürütülürken beynin sağ temporo-parietal bölgesinin yüksek derecede aktif olduğunu göstermiş.


Thinkstock

Burada akla gelen ilk temel soru, acaba bu bölge ve akıl teorisi arasındaki ilişki bir sebep-sonuç ilişkisi mi yoksa bir korelasyon ilişkisi mi? İşte Prof. Saxe ve ekibinde yer alan diğer bilim insanları araştırmayı bir adım daha ileri götürüp bu konuyu incelediler.

Ve Düğüm Çözülüyor

Sonuçları geçtiğimiz Mart ayındaki Proceedings of the *National Academy of Sciences* dergisinde yayımlanan güncel çalışmada, beynin sağ temporo-parietal bölge aktivitelerinin geçici bir süre sekteye uğratılması sonucu nasıl sonuçlar doğuracağının gözlenmesi amaçlanmış. Araştırmacılar Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (TMS) olarak bilinen, cerrahi bir müdahale olmayan noninvazif bir teknikle beynin bu bölgesindeki aktivitelerini manyetik alan yardımıyla bir nevi parazit yaparak karıştırmışlar. Bunun için kafatasının küçük bir alanına manyetik alan uygulanıyor ve bunun sonucunda oluşan elektrik akımı ile yakın bölgede yer alan beyin hücrelerinin normal düzende çalışması engelleniyor. Gözlemlenen bu etki geçici olup, denekler bir süre sonra tekrar normale dönüyorlar.

Yapılan ilk deneyde denekler önce 25 dakika boyunca TMS olarak adlandırılan manyetik alana maruz bırakılıyor. Daha sonra okumaları ve değerlendirme yapmaları üzere değişik senaryolar içeren bir dizi hikâye veriliyor. Bahsi geçen karakterin iyi veya kötü niyetli olmasına ve ortaya çıkan çeşitli sonuçlara göre senaryolar farklılık gösteriyor. Örneğin senaryoların birinde köprüden geçmenin tehlikeli olduğu bir durumda, kız arkadaşını bile bile köprüden geçirmeye çalışan bir gencin davranışı ele alınıyor. Bazı durumlarda genç kız karşı tarafa güvenli bir şekilde geçiyor, bazılarında ise düşüp bileğini kırıyor. Her bir senaryoda deneklerden bahsi geçen karakterin davranışı hakkında 1'den (kesinlikle kabul edilemez) 7'ye (tamamen kabul edilebilir) kadar puanlama yapmaları isteniyor.

İkinci deneyde ise yine benzer şekilde okumaları için çeşitli senaryolar veriliyor. Yalnız bu sefer senaryolar okunmadan önce değil hikâyeler okunup karakterler hakkında yargılama yapmaları istendiği anda denekler manyetik alana maruz bırakılıyorlar.

Her iki deneyde de, sağ temporo-parietal bölge manyetik alana maruz bırakıldığı durumlarda (nöronların normal çalışma düzeni bozulduğunda), deneklerin başarısız girişimleri (karakter kötü niyetli ama amacına ulaşamamış) ahlaki olarak kabul edilebilir şeklinde değerlendirmeye daha yatkın oldukları gözlenmiş. Bu nedenle araştırmacılar uygulanan manyetik alanın, deneklerin başkalarının niyetlerini doğru tahlil etme yetilerini etkilediği ve bunun neticesinde kişileri niyetlere göre değil, ortaya çıkan sonuçlar açısından değerlendirdiği görüşündeler. Yayımlanan makalenin baş-yazarı Dr. Liane Young ise beynin ilgili bölgesine manyetik alanın uygulanması ve bunun sonucunda kişilerin ahlaki yargılamalarının değiştiğini görmenin oldukça şaşırtıcı olduğunu belirtiyor. Tabii ki burada akılda tutulması gerekli bir husus var, manyetik alan ahlaki yargılamayı tamamen tersine çevirmiyor, sadece kişi bunun sonucunda biraz önce bahsettiğimiz şekilde daha yanlı karar vermiş oluyor.

Prof. Saxe'nin de belirtmiş olduğu gibi ahlaki yargılama yapmak için başkalarının niyetlerini doğru okumak tek başına yeterli olmuyor. Çevresel şartlar, yargılama yapan kişinin geçmiş deneyimleri ve kendi ahlaki değerleri gibi daha birçok şey verilen hükümleri etkilese de, bu çalışma beynin ahlaki yargılamaya yönelik fonksiyonlarını anlamak için iyi bir başlangıç noktası oluşturuyor.

Dansçı Bebekler

Özlem İkinci

Bulguları *Proceedings of the National Academy of Sciences* dergisinde yayımlanan bir araştırmada, bebeklerin müzik temposuna ve ritmine tepki verdikleri ve bunları konuşmadan daha ilgi çekici buldukları iddia edildi.

5 ay ile 2 yaş arasındaki bebekleri temel alan bulgular, bebeklerin müziğe tepki olarak ritmik hareketler yapmaya yatkın olarak doğmuş olabileceğini öne sürüyor. Araştırmada bebekler klasik müzik, ritmik vuruş ve konuşma da dahil olmak üzere çeşitli ses uyaranlarını dinlediler. Hareketleri video ve üç boyutlu hareket yakalama teknolojisiyle kaydedilerek farklı uyaranlar karşısındaki tepkileri karşılaştırıldı.


Thinkstock

York Üniversitesi Psikoloji Bölümü'nden Dr. Marcel Zentner ve Finlandiya Jyvaskyla Üniversitesi'nden Dr. Tuomas Eerola tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bebeklerde müziğin melodisi değil de ritminin tepki oluşturduğu sonucuna varılmış. Araştırmada hareketleri müziğe uyumlu olan bebeklerin daha çok gülümsediklerinin de farkına varılmış. İnsanlarda görülen bu durumun doğal seçilimin bir sonucu olabileceği düşünülüyor.

Elektronik Çöpler

Zeynep Ünalan

Kullanılmaz hale gelmiş bilgisayarlar hem değerli birer metal madeni hem de diğer elektronik atıklar gibi zehirli. Eskimiş bilgisayarlar, ne yapılacakları bilinmediğinden, genellikle ya evlerin bir köşesinde bekletiliyor ya da çöp depolama alanlarına atılıyor. Bakır, paladyum ve radyumdan platinyum, gümüş ve altına kadar bir çok metal içeren bilgisayarların geri dönüşümü için kanuna aykırı ve ilkel yöntemler uygulanabiliyor. Bakır teller sökülüyor, tel yığınları yakılıyor. Devre kartlarındaki bakır ve değerli metaller asit ve siyanür kullanılarak geri elde ediliyor. Ama sonrasında su ve toprağa karışan zehirli kimyasallardan kurtulmanın çaresi yok. Yoğun nitrik asit ile hidroklorik asiti 1'e 3 oranında karıştırarak elde ettiğiniz "soylu su" adı verilen karışım ile plastik devre kartlarını bir dizi işleme tabi tutunca altın, platinyum gibi soy metalleri çözebiliyorsunuz. Sakın evde denemeye kalkmayın, zira çıkan gazlar öldürücü.

E-atıkların büyük kısmının, sanayileşmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğru olan tehlikeli atık ticareti yoluyla ortaya çıktığı bilindiği için, çok uluslu çevre anlaşması olan Basel Sözleşmesi'nin üzerinde durduğu en önemli konulardan biri e-atık ihracatı. Ülkemizde de 1992 yılında yürürlüğe giren Basel sözleşmesi tehlikeli atıkların sınır aşırı taşınması konusunda yasaklamalar getiriyor. Çevresel Bilim ve Teknoloji dergisinde geçen ay yayımlanan bir makale e-atık oluşumunun küresel gidişatı hakkında yeni bilgiler içeriyor.



E. Williams, J. Yu, M. Ju ve Y. Yang'ın çalışması sadece masaüstü ve dizüstü bilgisayarları ele alıyor. Uluslararası İletişim Birliği'nden gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ait bilgisayar satışı ve alışı bilgisini alan ekip, bilgisayarların ömrünü ve her ülkeden geri dönüşüm için gönderilen bilgisayar miktarını da göz önüne alınca şu sonucu buluyor: Gelişmekte olan ülkeler, 2016-2018 yılına kadar, geri dönüşüm için ülke dışından gelen bilgisayar sayısı sıfırlansa bile, yurt içi bilgisayar üretimleri ile sanayileşmiş ülkelere kıyasla daha çok e-atık sahibi olacak. Williams " Çalışmamız gösterdi ki, iş Basel yasağına uymakla bitmiyor, yeni e-atık önlemleri alınması gerekir" diyor. Kişisel bilgisayarların yanına bir de cep telefonları, faks makineleri, yazıcıları, MP3 çalarları vs. eklersek gelecekte her yerleşim yerinin yanına bir e-çöplük gerekecek gibi görünüyor.

Ekmek Düşündüğümüzden Pahalıya Patlıyor

İlay Çelik

Bir dolarlık şeker mi daha pahalıya mal olur yoksa bir dolarlık boya mı? Şaşırmayın, söz konusu üretim sırasında harcanan enerji olduğunda şeker daha pahalı. Pamuk üretiminden film çekimine kadar çok farklı sektörlerden gelen gelirlerin arkasındaki su tüketiminin ortaya konması endüstride bilinçli su tüketimi konusunda yol gösterici olabilir.

1980'lerden itibaren ABD'de neye ne kadar su harcandığına ilişkin, sadece sulama, halkın tüketimi, enerji üretimi gibi sekiz geniş kategoriye göre belirlenmiş veriler bulunuyor. Ancak Pennsylvania'daki Carnegie Mellon Pittsburgh Üniversitesi'nden Chris Hendrickson suya olan ihtiyaç artınca suyun farklı endüstri kollarındaki göreli önemini bilmenin faydalı olacağını düşünerek su kullanımına ilişkin verileri geliştirmek için parayı takip etmeye karar verdi. ABD Nüfus İdaresi'nden alınan, 428 endüstri kolundaki ödemeleri takip eden ekonomik girdi-çıktı kayıtlarından yola çıkarak her bir endüstri kolunun su için ne kadar harcama yaptığını belirledi. Sonra da doğrudan su harcamaları kadar bariz olmayan, enerji harcamaları-çünkü enerji santralleri soğutma amacıyla büyük miktarlarda su kullanır- gibi işaretçileri ele aldılar. Sonunda her bir sektörde kazanılan bir dolarlık kazancı elde etmek için gerekli su miktarını hesaplamak amacıyla bir bilgisayar modeli kullandılar. Böylece hangi sektörlerin en çok su tükettiği ve bunun sebepleri ortaya çıktı.


Thinkstock

Beklenebileceği gibi tahıl ve mısır tarımı, son üründeki bir dolarlık maliyet başına tüketilen 5000 litre suyla birinci sırada yer alıyor. Ancak uygulanan modelin su tüketimini sektörler arasında takip edebilme yeteneği, kimi durumlarda umulanın çok üstünde su tüketimi olduğunu ortaya koydu. Örneğin bir dolarlık tortilla ekmeği üretmek çok az miktarda su gerektiriyor. Ancak süreç içerik olarak mısır ve buğdayla başladığı ve elektrik tüketen fabrikalarda gerçekleştiği için bir dolarlık tortilla üretimi aslında fazladan 500 litre su tüketimi gerektiriyor. İncelenen sektörlerin % 96 gibi büyük bir kısmında (enerji üretimi ve tarım bu konuda iki büyük istisna) bu dolaylı su tüketimi, doğrudan su tüketimini geride bıraktı. Hendrickson suyun tam olarak nerelerde tüketildiğini anlamamızın nerelerde tasarruf etmemiz gerektiği konusunda yol gösterici olacağını düşünüyor. Hendrickson ve ekibinin bir sonraki hedefi benzer bir araştırmayı tek tek ürünler ve bölgeler düzeyinde yapmak.



Astım Hastalarında D Vitamini Düzeyi

Özlem İkinci

Journal of Allergy & Clinical Immunology dergisinde yayımlanan makalelerinde Ulusal Yahudi Sağlık Merkezi'nden Doktor Daniel Searing ve meslektaşları D vitamininin, astımın ilaç tedavisindeki en önemli denetleyici olan kortikosteroitlerin etkisini arttırdığını bildirdiler. Çalışmalarında D vitamini düzeyi düşük astım hastası çocukların alerjiye daha yatkın olduklarını, akciğer işlevlerinin düşük olduğunu ve daha fazla ilaç tedavisi gördüklerini belirten Dr. Searing, diğer yandan bulgularının D vitamini desteğinin astım hastası çocuklarda steroid direncinin tersine çevrilmesine ve hastalar için gerekli etkili steroid dozunun azaltılmasına yardımcı olabileceğini saptadıklarını söylüyor.

Araştırmacılar Ulusal Yahudi Sağlık Merkezi'ndeki 100 pediatrik astım hastasının elektronik sağlık kayıtlarını incelediler. Toplam hasta sayısının % 47'sinde D vitamini düzeyi 30 nanogram/milimetre'nin (ng/ml) altında, yani yetersiz düzeyde, % 17'sinde 20 ng/ml'nin altında, yani D vitamini eksikliği olarak değerlendirilecek düzeyde görüldü.

D vitamini eksikliği olan hastalarda, alerji göstergesi olan IgE düzeyi genellikle daha yüksekti ve bu hastalar deri testinde daha çok alerjene pozitif yanıt verdiler. D vitamini eksikliği görülen hastalarda köpek, ev toz akarları gibi kapalı ortam alerjenlerine karşı daha yoğun alerjik yanıt gözlendi. D vitamini eksikliğinin, aynı zamanda kişinin nefes alırken bir saniyede alıp verdiği hava miktarı yani FEV1 ile akciğerdeki diğer bir işlerlik ölçütü olan FEV1/FVC'nin düşük olmasıyla ilişkili olduğu saptandı. D vitamini eksikliği olan hastalarda, solunum ya da ağız yoluyla steroidlerin ve uzun süre etkili angonistlerin (bronş açıcı) kullanımının daha fazla olduğu gözlendi.

Doktor Donald Leung bulgularının iki olası açıklaması olduğunu belirtiyor. Ya D vitamini eksikliği daha fazla kortikosteroit tedavisi gerektirecek kadar astımın ciddiyetini arttırıyor ya da D vitamini doğrudan steroid aktivitesini etkiliyor ve D vitamini düzeyinin düşük olmasıyla steroidlerin etkisi azalıyor, dolayısıyla aynı etkiyi gösterecek daha fazla ilaç kullanımı gerekiyor.

Dr. Leung'a göre araştırmaları, D vitamininin kortikosterotilerin fonksiyonlarını arttırdığına işaret ediyor. Dr. Leung, eğer gelecekteki çalışmalardan bu bulguları onaylayacak sonuçlar elde edilirse D vitamininin, astım hastalarının solunum şikâyetlerinin daha az ilaç kullanarak kontrol altına alınmasında yardımcı olabileceğini vurguluyor.

Sigara ve IQ

Özlem İkinci

Tel Aviv Üniversitesi Psikiyatri Bölümü'nden Prof. Mark Weiser'in Tel Hashomer Hastenesi Sheba Sağlık Merkezi'yle birlikte yaptığı bir çalışmada, sigara içen genç erkeklerin içmeyen yaşıtlarına göre daha düşük IQ'lu oldukları gösterildi. Araştırmacılar askere alınan 18-21 yaşları arasındaki 20.000'den fazla erkekle ilgili veri topladılar. Bunların yaklaşık % 28'i günde bir ya da daha fazla sigara içiyordu, % 3'ü sigarayı daha önce bırakmıştı ve % 68'i ise hiç sigara içmemişti. Sigara içmeyenlerin ortalama IQ'su yaklaşık 101, sigara içenlerin IQ'su 94 puan olarak saptandı. Günde bir paketten daha fazla sigara içenlerin IQ'su ise yaklaşık 90 puan çıktı. Çalışmasının son hali *Addiction* dergisinde yayımlanan Prof. Weiser, sağlık çalışanları arasında, sigara içenlerin koşulları zor çevrelerde yetiştikleri ya da eksik eğitim almış kişiler olduklarına dair genel bir kanı olduğunu belirtiyor. Weiser kendi çalışmalarında farklı toplumsal ve ekonomik çevrelerden gelen bağımlı kişileri seçtiklerini, bu şekilde eğitim kaynaklarının sigara içme alışkanlığı üzerine etkisinin tekrar değerlendirilebileceğini vurguluyor.

Daha net sonuçlara ulaşmak için çalışmaya aynı zamanda erkek ikiz kardeşler de dâhil edildi. İkiz kardeşlerden birinin sigara içtiği örneklerde, içmeyen kardeşin daha yüksek IQ'ya sahip olduğu belirlendi.

Daha düşük IQ, sigara bağımlılığı için daha yüksek bir riski akla getirse de, çalışmada IQ ve sigara içmeyle ilgili kesitsel verilere göre sigara içenlerin büyük çoğunluğunun IQ'sunun, ortalama dağılımının içinde yer aldığı görüldü.

Prof. Weiser düşük IQ'ya sahip kişilerin sadece sigara bağımlılığına yatkın olmakla kalmayıp aşırı şişmanlık ve uyuşturucu kullanımı gibi sorunlara yakalanmaya da yatkın olabileceklerini, çalışmalarının, ebeveyn ve sağlık çalışanlarına risk altındaki gençleri belirleme konusunda yardımcı olabileceğini ekliyor.


Thinkstock

Osman Topaç

E-Bisikletler

Elektrik motoru desteğiyle çalışan e-bisikletleri sadece "motor takılmış bisikletler" olarak düşünüyorsanız yanılıyorsunuz. Normal şartlarda e-bisikletler sürücüyü hem düz yolda hem de yokuş yukarı hareket halinde destekliyor. Pek çok e-bisiklet aynı zamanda kendi bataryasını şarj edebilme özelliğine sahip. Sanyo tarafından geliştirilen 'eneloop' e-bisiklette bulunan eko mod özelliğiyle sürücü isterse düz yolda giderken de bisikletin bataryasını şarj edebiliyor. Bu şekilde düz yolda hareket eden bisiklet kullanıcısı kendi gücüyle hem bisikleti hareket ettirmiş oluyor hem de bisikletin bataryasını doldurmuş oluyor. Eğer sürücü kendini yorgun hissediyorsa bu durumda normal moda geçiyor, yani düz yolda da motor desteğini alıyor. Panasonic tarafından geliştirilen BE-ENV e-bisiklet ise titanyumdan üretilmiş ve sadece 15,7 kg ağırlığında. Hafif olmasının yanı sıra Panasonic tarafından geliştirilen özel bir motor teknolojisiyle de ön plana çıkıyor. Bu motorda bulunan tork duyargaçları, bisiklet sürücüsünün bisikleti hareket ettirmek için ne kadar güç uyguladığını hissedebiliyor ve bu veriye dayanarak motor gücünü artırıyor yada azaltıyor. Bütün bu özelliklere sahip motorun ağırlığı ise sadece 3,8 kg.

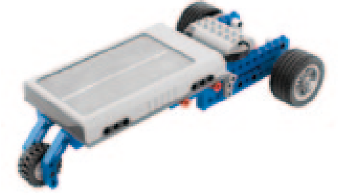




LEGO Yenilenebilir Enerji Seti

LEGO Yenilenebilir Enerji Seti, dünyada yenilenebilir enerji kaynakları denilince akla ilk gelen güneş, rüzgâr ve su enerjisini her yaştaki öğrencilere deneysel olarak göstermeyi hedefliyor. Bu sette yenilenebilir enerji kaynaklarının deneysel olarak, yaşayarak öğrenilebilmesi için her şey düşünülmüş: Güneş enerjisi panelleri, rüzgâr tribünleri, su tribünleri, bu iki tribüne bağlanabilen jeneratörler, aynı zamanda enerji depolayabilen enerji ölçer ve LED lambalar.





Çok kapsamlı bir kullanma talimatı ve her biri 45 dakikalık 6 video kaydı ile sunulan çalışma malzemesi de setle birlikte veriliyor. Bu şekilde diğer LEGO kitleri de kullanılarak güneş enerjisiyle çalışan bir model araba bile yapılabiliyor. Sekiz yaş üzeri herkesin yararlanabileceği şekilde tasarlanmış bu kit ile enerji üretimi, enerji transferi, enerji birikimi, enerji dönüşümü ve enerji tüketimiyle ilgili konular ölçüm ve veri analizi teknikleri de kullanılarak öğretilebiliyor.

www.legoeducation.us



osmantopac@gmail.com





LED Lambalar

Gözle görülebilen ışık üreten ilk LED, General Electric çalışanlarından Nick Holonyak Jr. tarafından 1962'de yapıldı. O zamandan günümüze LED teknolojisi daha çok elektronik cihazlarda filamentli ampullerin yerine kullanıldı. Günümüzde ise LED'in aydınlatma amaçlı kullanımı her geçen gün artıyor. Artık her yerde LED el fenerleri görmek mümkün. Trafik ışıklarında da filamentli ampuller artık yerlerini LED'lere bırakıyor. LED teknolojisinin icat edildiği yer olarak kabul edilen General Electric, 48 yıl aradan sonra yine yenilikçi bir ürünü duyurdu: GE Energy Smart® LED lamba. 2011'de piyasaya sürülmesi beklenen bu ürün 40-wattlık bir ampüle göre %77 enerji tasarrufu sağlıyor. Lambanın yenilikçi tarafı ise 25.000 saat gibi çok uzun bir ömrü olması. Endüstriyel standartlara göre normal bir filamentli ampulün 1000 saat, ülkemizde tasarruflu ampül olarak satılan kompakt floresan ampullerin ise 8000 saat ömrü olduğu varsayılıyor. Eğer verilen rakamlar doğru ise, ilkokula yeni başlayan çocuğunuzun çalışma masasına takacağınız böyle bir LED lamba, günde 4 saatlik bir kullanımla, çocuğunuz liseyi bitirdiğinde hâlâ çalışıyor olacak.

LED lamba çalışmalarına bu kadar önem verilmesinin ana nedenlerinden birisi de ABD yasalarına göre 2012'de 100 wattlık, 2013'te 75 wattlık, 2014'te ise 60 ve 40 wattlık ampullerin üretiminin yasaklanıyor olması. Avrupa Birliği ülkelerinde ise filamentli ampul ithalatı, üretimi ve satışı 2009'da yasaklanmıştı. Alternatif olarak sunulan kompakt floresan ampuller de sağlığa zararlı olan cıva içerdiği için, LED lambalara göre daha az çevreci bir aydınlatma yöntemi olarak karşımıza çıkıyor. Avrupa Birliği ülkelerinde lamba başına 5 mg'dan fazla cıva kullanımı yasaklanmış. Avrupa Birliği Sağlık ve Çevresel Riskler Bilim Komitesi ise, kompakt floresan ampullerin taşıdığı riskleri incelemek üzere çalışmaları 2009'da başlatmış. Bugünlerde bu çalışmanın sonucunun açıklanması bekleniyor.

www.lumination.com

Bina Dış Cephe Yazıcısı: Facadeprinter

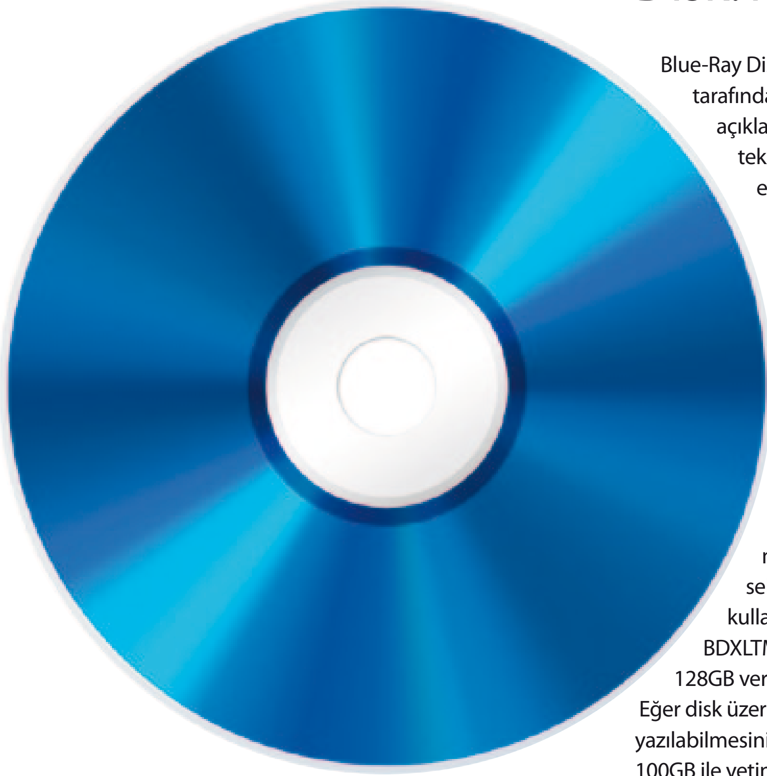
Facadeprinter bilgisayar kontrollü bir robot. Yaptığı iş ise boya toplarını istediğiniz noktalara fırlatabilmesi. Diyelim ki bir binanın dış cephesini boyamayı düşünüyorsunuz veya binanızın dış cephesinin bir sanat eseri gibi görünmesini istiyorsunuz.



Binanızın görüntüsünü bilgisayar programına giriyorsunuz ve boyamak istediğiniz kısımları belirleyip gerekli desen çalışmasını yaptıktan sonra Facade yazıcıya yolluyorsunuz. Facade yazıcı gerekli yerlere gereği kadar boya toplarını fırlatıyor ve bu şekilde binanız herhangi bir iskele kurulumuna gerek kalmadan boyanmış oluyor. Facade yazıcı, binadan en fazla 12 metre uzaklıktan ve en yüksek 8 metreye kadar boya topları fırlatabiliyor. Yazma hızı ise saniyede 5 top. Atılan toplarsa saatte 200 km süratle hedefine ulaşıyor. Atılan mesafeye göre her bir top 5-10 cm arasında bir bölgeyi boyayabiliyor.

www.facadeprinter.org





Yeni Blu-Ray Disk:128GB

Blue-Ray Disc Association tarafından yapılan basın açıklamasına göre Blue Ray teknolojisine yeni üyeler ekleniyor. BDXLTM (Yüksek kapasiteli, kaydedilebilir ve tekrar yazılabilir disk) ve IH-BD (Intra hibrid disk) kodları ile anılan bu iki yeni standard, daha büyük boyutlarda veri depolama ihtiyacı duyulan medya ve sağlık sektörü gibi endüstriyel kullanımları amaçlıyor. BDXLTM diskleri üzerine 128GB veri kaydedilebiliyor. Eğer disk üzerine yeniden yazılabilmesini istiyorsanız o zaman 100GB ile yetinmeniz gerekecek. IH-BD ise çift katmanlı tasarlanmış. Her bir katmanı 25GB olan bu disklerin bir katmanına sadece kayıt yapılabilirken, diğer katmanı tekrar yazılabilir özelliğe sahip. Bu şekilde aynı disk üzerinde hem silinmesi mümkün olmayan sabit veriler hem de değiştirilebilen veriler kaydedilebiliyor. Her iki disk standardı da mevcut Blue Ray sürücüleri tarafından okunamadığı için özel bir donanım gerektiriyor.

www.blu-raydisc.com

HD Oynatıcılar

ABD'nin önde gelen film ve oyun kiralama şirketlerinden BlockBuster, 2009'un sonlarında yaptığı basın açıklamasında müşterilerinin, kiralamak istedikleri filmleri SD kartlarına yükleyebilecekleri kioskları duyurmuştu. Yine 2009'da Walt Disney bazı çocuk filmlerini DVD diskin yanı sıra bir mikro SD karta yüklenmiş olarak piyasaya sürmüştü. İşte bu tür DVD/Blue Ray disk haricinde veri saklama ünitelerinde sunulan filmleri seyretmemiz için çok farklı HD oynatıcılar bulunuyor. JVC tarafından üretilen CU-VS100 HD oynatıcı sadece SD kartla çalışıyor. Karmaşıklığı sevmeyenler için ideal bir çözüm. Western Digital tarafından üretilen WD TV Live ise hem iki adet USB girişe sahip hem de evinizdeki kablolu ya da kablosuz ağınıza bağlanabiliyor. Bu şekilde ev içinde bulunan diğer bilgisayarlardaki dosyaları da televizyonunuzda HD olarak seyredebiliyorsunuz. Seagate tarafından üretilen FreeAgent Theater+ ise cep boy sabit disk için özel tasarlanmış yuvasıyla dikkati çekiyor. Bu şekilde kablo karmaşasının da önüne geçilmiş. Bu HD oynatıcıda da USB sabit disklerin yanı sıra tercihli wifi eklentisiyle yerel ağınızdaki dosyaları oynatmanız mümkün.

Sabit Disk Dünyası



Masaüstü bilgisayarlarda kullanılan en yüksek depolama kapasitesine sahip sabit disk 2TB ve Western Digital tarafından 2009 başlarında piyasaya sürüldü. Aradan bir yıldan fazla süre geçmiş olmasına karşın henüz 2TB rekoru kırılmış değil. Dizüstü bilgisayarlarda ise rekor 9,5mm kalınlık/750GB ve 11,5mm kalınlık/1TB ile Toshiba'ya ait. Ipod gibi sabit disk kullanan cihazlarda kullanılan 1,8 inç sabit disk 8 mm kalınlığa ve 62 gram ağırlığa sahip. Bu boyuttaki sabit disklerde maksimum kapasite 320GB ve rekor yine Toshiba'ya ait. 1TB kapasiteli bir sabit diske ortalama boyutlarda 285.000 fotoğraf, 263.000 müzik dosyası veya 820 film depolamak mümkün.





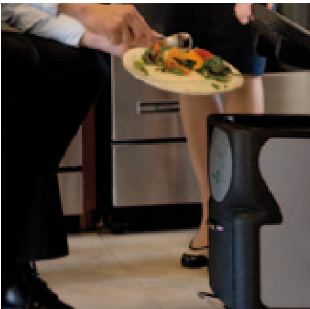


Organik Gübre Makinesi

Birinin çöpü başkasının hazinesi olabilir. Aslında hepimizin çöpü çok kıymetli bir hammadde. NatureMill ev tipi gübre makineleri, mutfağımızdan çıkan organik atıkları iki hafta içinde bahçelerde kullanılabilen gübre haline dönüştürebiliyor. Ayda yaklaşık 60 kg mutfak atığı atılabilen gübre makineleri, atıkları her 4 saatte bir karıştırarak öğütüyor. NatureMill gübre makinasına meyve sebze atıklarının yanı sıra et, balık ve süt ürünleri atıklarını da atabiliyorsunuz. Hatta evcil hayvan atıkları bile gübre yapımında kullanılabiliyor.

www.naturemill.com





Batarya Bileklik

Cep telefonunuzun, oyun konsolunuzun ya da cep bilgisayarınızın bataryası sizin hızınıza yetişemiyor mu? Sürekli bataryasının yetersiz kalmasından şikâyetçi olanlar için bu bileklik batarya bir çözüm olabilir. 1500MAH kapasiteye sahip bu batarya ile beraberinde gelen farklı adaptör başlıklarından birini kullanarak 5,5V ile şarj olan pek çok cihazı şarj etmeniz mümkün.

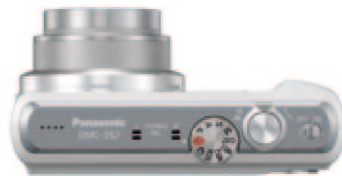
www.thinkgeek.com





GPS'li Fotoğraf Makinesi

Panasonic tarafından üretilen DMC-ZS7 fotoğraf makinesi bir GPS modülüne sahip. Bu GPS modülü sayesinde çektiğiniz resim ve videoları nerede çektiğinizle ilgili bilgiler resim veya video dosyasında saklanabiliyor. Aynı zamanda HDMI (yüksek çözünürlükte çoklu ortam arayüzü) çıkışa sahip olan fotoğraf makinenizi HD televizyonunuza bağlayarak çektiğiniz resimleri yüksek çözünürlükte, çekim yaptığınız yere ait bilgileri de ekranda görerek seyredebileceksiniz. Beraberinde gelen program kullanıldığında 173 ülke veya bölgeye ait bilgiyi resimlerinize ekleyebiliyorsunuz. Ayrıca GPS verilerine göre nerede çekim yaptığınızı anlayan program, 500 binden fazla turistik yapı hakkında bilgiyi de anında ekranınıza taşıyor.





Levent Daşkıran

Tablet Fırtınası Başladı



Almanya kökenli WePad işletim sistemi olarak Linux





iPad, piyasaya çıktığı ilk gün 300 binden fazla sattı.

Yıllardır süren tablet bilgisayar iyi midir kötü müdür, tüketiciler böyle bir ürün olsa satın alır mı almaz mı tartışmalarının ardından, Apple 3 Nisan'da piyasaya sürdüğü iPad'den kaşla göz arasında 300 binden fazla sattı. Firma stokları eritip üstüne bir de ürünün Amerika'da gördüğü yoğun talepten dolayı Avrupa'daki iPad dağıtımlarını ertelediğini açıklayınca tablet furyası da resmen başladı. Bu yeni oluşan pazarda Apple'ın rakipleri kendi paylarını sağlama almak için harıl harıl çalışıyorlar. Şu aralar HP'den Dell'e, Toshiba'dan Lenovo'ya kadar ucundan köşesinden bilgisayar işine bulaşmış kim varsa bu tablet işi üzerine kafa yormakla meşgul. Üstelik bunlara Uzakdoğu kökenli üreticiler ve adı sanı pek bilinmeyen şirketler de dâhil.

iPad'e doğrudan rakip olabileceği düşünülen bazı aygıtlarla ilgili önemli detaylar geçtiğimiz ay itibarıyla internete düşmeye başladı. iPad'in karşısına dikilmeye hazırlanan hemen her aygıt, iPad'ın yazılım konusunda tıpkı iPhone'da olduğu gibi Apple tarafından sıkı sıkıya kontrol altında tutulan kapalı bir yapıya sahip olması ve aygıtın üzerinde USB, kart okuyucu, kamera benzeri özellikler bulunmaması gibi zayıflıkları giderme iddiasında. Bunlardan en çok sözü edilenlerden biri HP'nin Slate adını verdiği tablet bilgisayarı. Windows 7 işletim sistemiyle çalışan ve üzerinde çoklu kart girişi, USB bağlantısı ve kamera da bulunan bu tabletin 1024x600 çözünürlükte ekrana ve artık sağda solda görmeye iyice alıştığınız netbook sınıfı bir donanıma sahip olacağı açıklandı. Bunun yanında Dell'in Streak olarak adlandırdığı tablet tasarımına dair görüntüler de internete düşenler arasında. Söylenenlere göre, Dell'in tabletlerinde 7 ve 10 inç boyları arasından seçim yapabileceksiniz. Benzer şekilde Toshiba da biri bu yılın sonuna doğru, diğeri 2011 başlarında olmak üzere iki ayrı boy tablet çıkarmaya hazırlanıyor. Google Yönetim Kurulu Başkanı Eric Schmidt, Android işletim sistemini temel alan bir tablet tasarımı üzerinde çalıştıklarının sinyalini verenlerden. Microsoft, kitap gibi açılabilen çift ekranlı Courier adlı kavramsal tasarım üzerinde çalışıyor. Bunların yanında WePad, JooJoo, ICD Vega, Viliv X70, Archos 9, Axiotron, Notion Ink Adam gibi birçok benzer ürün ya piyasaya çıktı ya da çıkmak için gün sayıyor.

Bu konuda ilginç tepkilerden biri de Lenovo'dan geldi. Lenovo, normalde bir netbook gibi tasarlanan, ihtiyaç duyduğunuzda ise ekranını sökerek tablet bilgisayar olarak yanınızda taşıyabileceğiniz Skylight modelinin çıkışını, "Piyasada daha iyi mücadele edebilmesi için üzerinde biraz çalışalım" diyerek yaz ortasına erteledi. Tüm bu aygıtların, piyasaya çıktıklarında 499 dolardan satılan iPad ile rekabet edebilecek fiyatlara sahip olması bekleniyor.

Sözün özü, bundan iki ay önce pratik olarak varlığından bile söz edilmeyen bir kavram bugün dev bir çığ gibi üstümüze doğru geliyor. Wired'in tahminine göre bu yılın sonuna kadar iPad'in rakibi olarak piyasaya çıkacak aygıtların sayısı 50'den fazla. Üstelik görünen o ki hemen hepsi iPad'e kıyasla bağlanabilirlik ve açık platform sunma konusundaki vaatlerini bir şekilde gerçeğe dönüştürecek. Peki, acaba kullanım konusunda aynı başarıyı gösterebilecekler mi? Yoksa hepsi cep telefonu pazarında olduğu gibi "iPhone ve benzerleri" şeklinde mi tanımlanacak? Umalım ki böyle olmasın, ortaya doğru düzgün bir şeyler çıksın ki tercih hakkımızı doya doya kullanabilelim.



Google'ın tablet bilgisayarında Android işletim sistemi yer alacak.



HP, netbook sınıfı donanıma sahip Slate adlı tablet üzerinde çalışıyor.



JooJoo adlı 12 inçlik tablet, geleceğe dair umut veren tasarımlar arasında.

Eski CD'leri ver, iPod'u Götür



CD'lerin yerini hızla sayısal medya oynatıcılara bıraktığını düşünenler bunu kendileri için fırsata çevirmek üzere kolları sıvadı.

Sabit disk ve flaş bellek tabanlı sayısal medya oynatıcıların giderek yaygınlaşması ve müzik satın alma işinin internete yönelmesi, kullanıcıların müzik dinleme alışkanlıklarında büyük değişimlere neden oldu. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki çoğu müzik tutkunu için kolayca taşınabilen ve binlerce şarkı depolayabilen küçücük aygıtlar, yüzlerce CD'den oluşan arşivlerin yerini çoktan almış durumda. Hani biraz daha zorlasalar, tıpkı kasetler gibi CD'ler de tarihin tozlu yaprakları arasına yuvarlanıp gidecek.

Diğer yandan, dünyanın önemli bir bölümünü oluşturan kısıtlı bir gelire ve teknolojik erişime sahip toplumlarda medya tüketimi açısından CD'lerin yeri doldurulamayacak kadar önemli. Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren iPodMeister adlı bir web sitesi de, bu durumu fırsata çevirmek için kolları sıvadığı haberini verldi. Vaatleri şu: "Evinizde sayısal ortama aktardığınız ve artık ihtiyaç duymadığınız CD'lerinizi bize verin, biz de size yepyeni bir iPod, hatta dilerseniz iPad verelim." Değiştirme için seçeceğiniz modele veya cihaza göre bir tarife uyguluyorlar. Mesela iPod Nano almak için 220, iPod Touch almak için 300 CD'ye ihtiyacınız var. iPad'in en düşük modeli içinse en az 700 CD'yi gözden çıkarmanız gerekiyor. Şirket de topladığı bu CD'leri talebin yüksek olduğu ülkelere pazarlıyor. Mantıklı bulursunuz veya bulmazsınız, ama neticede böyle işlere girişenler de var. Siteyi incelemek isterseniz ipodmeister.com adresini ziyaret edebilirsiniz.

Microsoft Yeni Sürprizini KIN'ından Çıkardı



Apple iPhone, Google Phone derken sonunda Microsoft da duyurduğu iki yeni modelle cep telefonu pazarına adım attığını duyurdu. Microsoft Phone marka şemsiyesi altında duyurulan modeller KIN One ve KIN Two olarak adlandırılıyor ve Sharp'ın Danger adlı tasarımını temel alıyor. Küçük olan model QVGA 320x240 ekran, 4 GB dâhili bellek, 5 megapiksel kamera ve Q klavye gibi özelliklere sahipken, büyük olan kardeşi HVGA 320x480 ekran, 8 GB dâhili bellek, 8 megapiksel kamera ve yatay olarak konumlandırılmış daha geniş bir Q klavyeyle donatılmış.

Telefonların donanımına bakıldığında ayrıcalıklı olarak göze çarpan bir durum yok. Çünkü asıl sürpriz, Microsoft'un bu telefonlar için geliştirdiği kullanıcı arayüzünde saklı. Her iki modelin arayüzü, doğrudan internet ve sosyal mecralarla iletişim kurmak üzerine kurgulanmış. Örneğin telefonu açtığınızda, kendi fotoğrafınız eşliğinde sosyal mecralardaki durum mesajlarınızla karşılanıyorsunuz. Bunun altında takip etmekte olduğunuz kişilere dair simgeler ve fotoğraflar diziliyor. Durum mesajınızı değiştirdiğinizde, tanımladığınız sosyal mecraların tamamında bu değişiklikleri görüntüleyebiliyorsunuz. Aynı şekilde siz de arkadaşlarınızın o an ne yaptıklarını sosyal mecralar üzerinden görebiliyorsunuz. Hatta arkadaşınızın simgesini veya durum mesajını ortada yer alan bir yuvarlağa sürükleyerek diğer arkadaşlarınızla paylaşmanız da mümkün. Anında mesajlaşma, çekilen fotoğraf ve videoların anında ilgili sitelere yüklenmesi gibi olanakları saymaya zaten gerek yok.

Özetle Microsoft, bu yeni telefonlarla ve kendi telefonlarına özgü olarak geliştirdiği sosyal arabirimle sosyal medyayı hayatının bir parçası haline getiren bireylerin aklını çelmeyi amaçlıyor. Dünyanın en köklü ve zengin bilişim şirketlerinden biri olduğu halde ne Google gibi arama motorlarının, ne Facebook gibi sosyal ağların gelişimini öngöremeyen Microsoft'un, bu yeni yaklaşımla cep telefonu pazarında nasıl bir performans ortaya koyacağını bekleyip göreceğiz. Microsoft'un yeni telefonları hakkında daha detaylı bilgiyi microsoft.com/presspass/presskits/KIN adresinde bulabilirsiniz.

Microsoft, yeni telefonuyla sosyal ağ tutkunlarının kalbini kazanmayı hedefliyor.



Alp Akoğlu

Uzman, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Uzaydan Türkiye

Dünya iyice küçüldü. Yeryüzünün herhangi bir bölgesine tepeden bakmak istiyorsanız fazla uzağa gitmenize gerek yok. Çünkü artık bu görüntüler bilgisayarınızın ekranı kadar uzakta. İnternet tarayıcınızla gireceğiniz bazı siteler tüm yeryüzünün ayrıntılı uydu görüntülerini sunuyor. Bunun yanı sıra bilim insanları da yeryüzüyle ilgili olayları çeşitli uzaktan algılama yöntemleri kullanarak izleyebiliyor. Uydu görüntüleri en çok kullanılan yöntem. Yalnızca görünür ışıkta değil, kızılötesi gibi farklı dalgaboylarında alınan görüntüler normalde algılayamayacağımız ayrıntıları da sunuyor bize. Ayrıca farklı zamanlarda çekilen görüntüler atmosferle, tarım etkinlikleriyle, bitki örtüsüyle, denizlerle ilgili değişimleri göstermesi açısından önem taşıyor.

Yükselti Haritası
Radarla elde edilen verilerin işlenmesi ve renklendirilmesiyle oluşturulan bu görüntüde en alçak yerler mavi, en yüksek yerlerse sarıyla gösteriliyor.



Uzaya Kaçan Işık

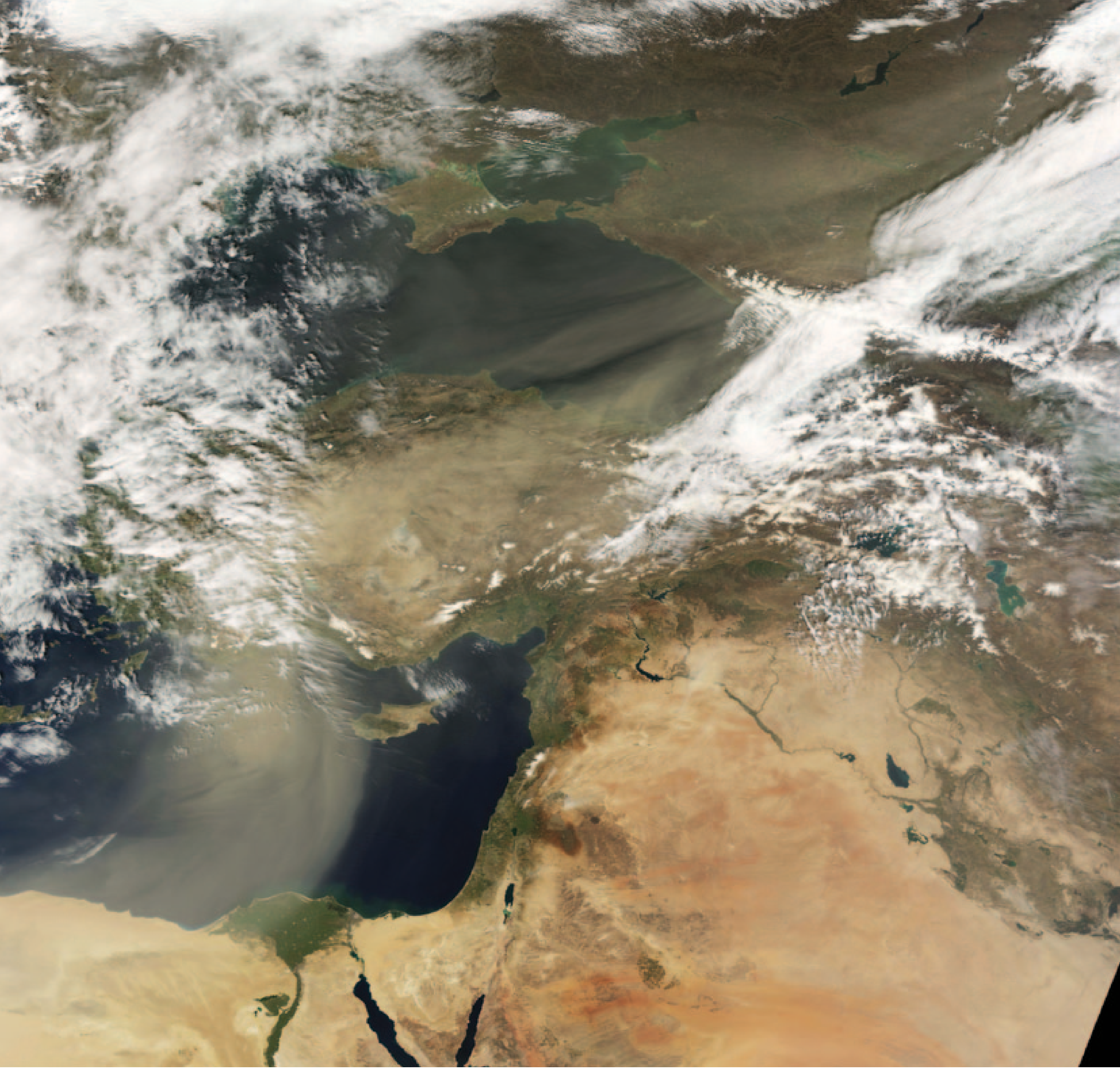
Bu görüntü gece çekilmiş yüzlerce uydu görüntüsünün birleştirilmesiyle oluşturulmuş. Özellikle gelişmiş ülkelerdeki büyük kentlerin bulunduğu bölgeler açıkça seçilebiliyor. Görüntüde en çok dikkati çeken, yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde kıyı şeridinin tümüyle aydınlanmış olması. Bunun yanı sıra ABD'de ve Avrupa'da büyük kentleri birbirine bağlayan, aydınlatılmış otoyol ağları çok belirgin.

Yerleşim bölgelerinden yayılan ışık tam olarak nüfusa bağlı olmasa da, bu görüntü yeryüzündeki insan yerleşiminin hangi bölgelerde yoğunlaştığını gösteriyor. Avrupa'daki düzeye gelmemiş olmakla birlikte, ışık kirliliği ülkemizde de azımsanmayacak düzeyde. İstanbul, Ankara ve İzmir'in yanı sıra Akdeniz ve Karadeniz sahilleri tümüyle aydınlanmış durumda.

Marmara ve Bitki Örtüsü

Landsat uydusuyla elde edilen verilerden oluşturulan bu görüntü yapay olarak renklendirilmiş. Özellikle kızılötesi dalgaboylarında alınan görüntüler yeryüzünden yansıyan ve yayılan ısının algılanmasını kolaylaştırıyor. Bu görüntüde pembe ve kırmızı görünen bölgeler en çok ısınan yerler. Bu bölgelerde bitki örtüsü zayıf. Görüntüde yeşil görünen bölgelerse bitki örtüsünün yoğun olduğu yerler. Yeşilin tonu koyulaştıkça Güneş ışığını yansıtma oranı azalıyor. Kapıdağ Yarımadası ve Karabiga civarında da görülen bordo renkli bölgeler yeni yanmış orman alanları.





Çöl Tozu

Bu görüntü NASA'nın Terra uydusuyla 24 Mart 2008'de elde edildi. Fotoğrafta, Sahara Çölü'nden kalkıp rüzgârlarla Türkiye üzerinden Avrupa ve Asya'ya taşınan çöl tozları açıkça görülebiliyor. Toz, bulutlu havanın da etkisiyle özellikle ülkemizin güneybatısında yoğunlaşmış durumda.

4800 km genişliğindeki Sahara Çölü'nün yaklaşık dörtte biri tozla kaplı. Gündüzleri Güneş'in etkisiyle ısınan çölün üzerinde yükselen hava, toz fırtınalarını da beraberinde getirir. Küçük parçacıklardan oluşan toz, bu hava hareketleriyle atmosfere karışır ve yüzlerce, hatta binlerce kilometre yükseklere çıkar. Rüzgâr kuzeye doğru estiğinde bu tozlar bize doğru sürüklenir. Çöl tozları zaman zaman yağışla birlikte yere iner. İşte yerleri kayganlaştıran, otomobillerin ve evlerin camlarını kirleten kahverengi toz bu şekilde taşınır.

Çöl tozları bazı insanlarda alerjik tepkilere yol açabilirken, birçok canlı için önemli bir mineral kaynağı. Denizlerde meydana gelen fitoplankton patlamaları, özellikle bu minerallerin taşınımından sonra görülür.

>>>

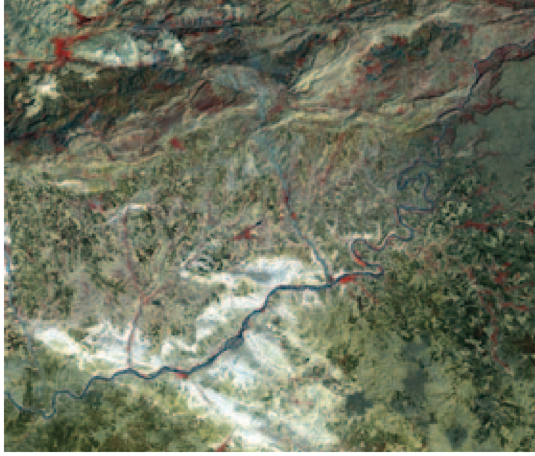


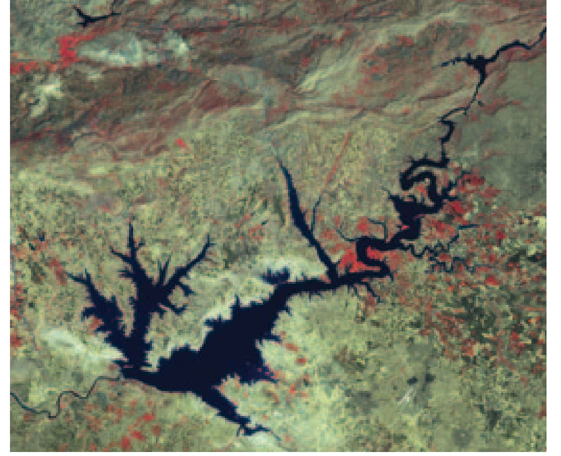
Karadeniz'de Fitoplankton Patlaması

Ototrof, yani kendi besinlerini üretebilen canlılar besin zincirinin en altında bulunur ve diğer canlılar için önemli bir besin kaynağıdır. Bunların karada yaşayanlarına en güzel örnek bitkilerdir. Denizlerdeyse fitoplankton denen ve algler, bakteriler ve fotosentezle besin yapan diğer mikroorganizmalardan oluşan bu "karışım" belli mevsimlerde besin ve güneş ışığı miktarındaki artışla birlikte hızla çoğalır. Bunun sonucunda denizlerin yüzeyleri renklenir ve bu durum uzaydan, görünür ışıkta çekilen fotoğraflarda bile belirgin olarak fark edilebilir.

4 Haziran 2008'de NASA'nın Aqua uydusuyla çekilen fotoğrafta fitoplanktonların özellikle kıyıdan açıklara doğru akıntılarla yayıldığı görülüyor. Fitoplankton patlamasının kıyılarda yoğunlaşmasının nedeni akarsularla bu bölgelere bol miktarda besin taşınmasından kaynaklanıyor.

Fitoplankton patlamasının farklı renklerde görülmesi, farklı bölgelerde farklı organizmaların yoğunlaşmasından kaynaklanıyor. Karadeniz'deki fitoplanktonları inceleyen Türk bilim insanları bunların 150'den fazla tür fitoplankton içerdiğini buldu. Ayrıca, tarımsal etkinlikler nedeniyle akarsulara karışan çeşitli kimyasal ve organik maddeler nedeniyle fitoplankton miktarında ve çeşidinde değişimler gözleniyor. Bu değişimlerin tüm besin zinciri üzerinde de çeşitli etkilerinin olması kaçınılmaz. Bu canlıların aşırı çoğalması, sudaki oksijenin tükenmesine ve başka canlıların ölümüne yol açabiliyor.





Atatürk Barajı

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında inşa edilen Atatürk Barajı 1992 yılında hizmete açıldı. Barajın yapılmasının başlıca amacı bölgenin elektrik ve sulama suyu ihtiyacının giderilmesiydi. Soldaki fotoğraf 20 Ağustos 1983'te, sağdaki fotoğraf 24 Ağustos 2002'de Landsat uydularıyla çekildi. Barajdaki suyun bir bölümü sulama kanalarıyla çevredeki tarlalara taşınıyor. Bu bölgede kurak mevsimde özellikle pamuk yetiştiriciliği yapılıyor. Kızılötesi, kırmızı ve yeşil dalgaboylarında çekilen fotoğrafların birleştirilmesiyle elde edilen bu görüntülerde bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgeler kırmızıyla renklendirilmiş. Bunların çoğu pamuk tarlası.





Harran Ovası

Bu fotoğraflardan ilki 23 Ağustos 1993'te, ikincisi 24 Ağustos 2002'de Landsat uydularıyla çekildi. İlk fotoğraf çekildiğinde, Harran Ovası'na Atatürk Barajı'ndan su taşıyan tüneller henüz tamamlanmamıştı. İkinci fotoğrafta sulamanın etkisiyle ovadaki tarımın nasıl yaygınlaştığı açıkça görülüyor. Harran Ovası'nda yaygın olarak pamuk tarımı yapılıyor. Uydu görüntüleriyle tarım alanlarının ve ekinlerin durumuyla ilgili bilgi edinmek mümkün. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ABD'nin Tarım Bakanlığı'nın uydu görüntüleriyle düzenli olarak izlediği bölgeler arasında. Bu nedenle NASA, düzenli olarak bu bölgelerin fotoğraflarını çekiyor. Uydu görüntülerinden elde edilen verilerin ışığında tarım alanlarının durumu, ürün miktarı gibi bilgiler ve ABD'nin Türkiye'den ithal ettiği ürünlerin, örneğin pamuğun durumu öngörülebiliyor.



Türkiye Kar Altında

2006 kışı Avrupa'da çok sert geçti. Bundan zaman zaman ülkemiz de etkilendi. NASA'nın Aqua uydusuyla 29 Ocak 2006'da çekilen görüntüde, batı ve orta Anadolu'nun neredeyse tamamı kar altında görünüyor. Kar yağışının etkili olduğu 22-26 Ocak 2006 tarihleri arasında ülke genelinde 10.000 köy yolu kapandı. Yine aynı tarihlerde bazı üniversiteler de dahil olmak üzere çoğu ilde okullar tatil edildi. Bu görüntü alındığı sırada kar yağışı sona ermiş, yağışa neden olan bulutlar dağılmıştı.



Mersin'de Orman Yangını

Mersin'in Gülnar ilçesinde 7 Temmuz 2008'de çıkan ve yaklaşık 2000 hektarlık bir alanı etkileyen yangın iki kişinin ölümüne, çok sayıda evin de yanmasına neden olmuştu. Bu görüntü 8 Temmuz 2008'de NASA'nın Terra uydusuyla çekildi.

Uydu, kızılötesine duyarlı kamerası sayesinde yangının hangi bölgede etkin olduğunu belirleyebiliyor. Fotoğraf çekildiği sırada yanan bölgeler kırmızı çerçeve içinde gösteriliyor. Kuzeyden esen kuvvetli rüzgâr, yangından kaynaklanan yoğun dumanı Kıbrıs'tan öteye kadar sürüklemiş durumda.

Adnan Kurt
Alphan Sennaroğlu

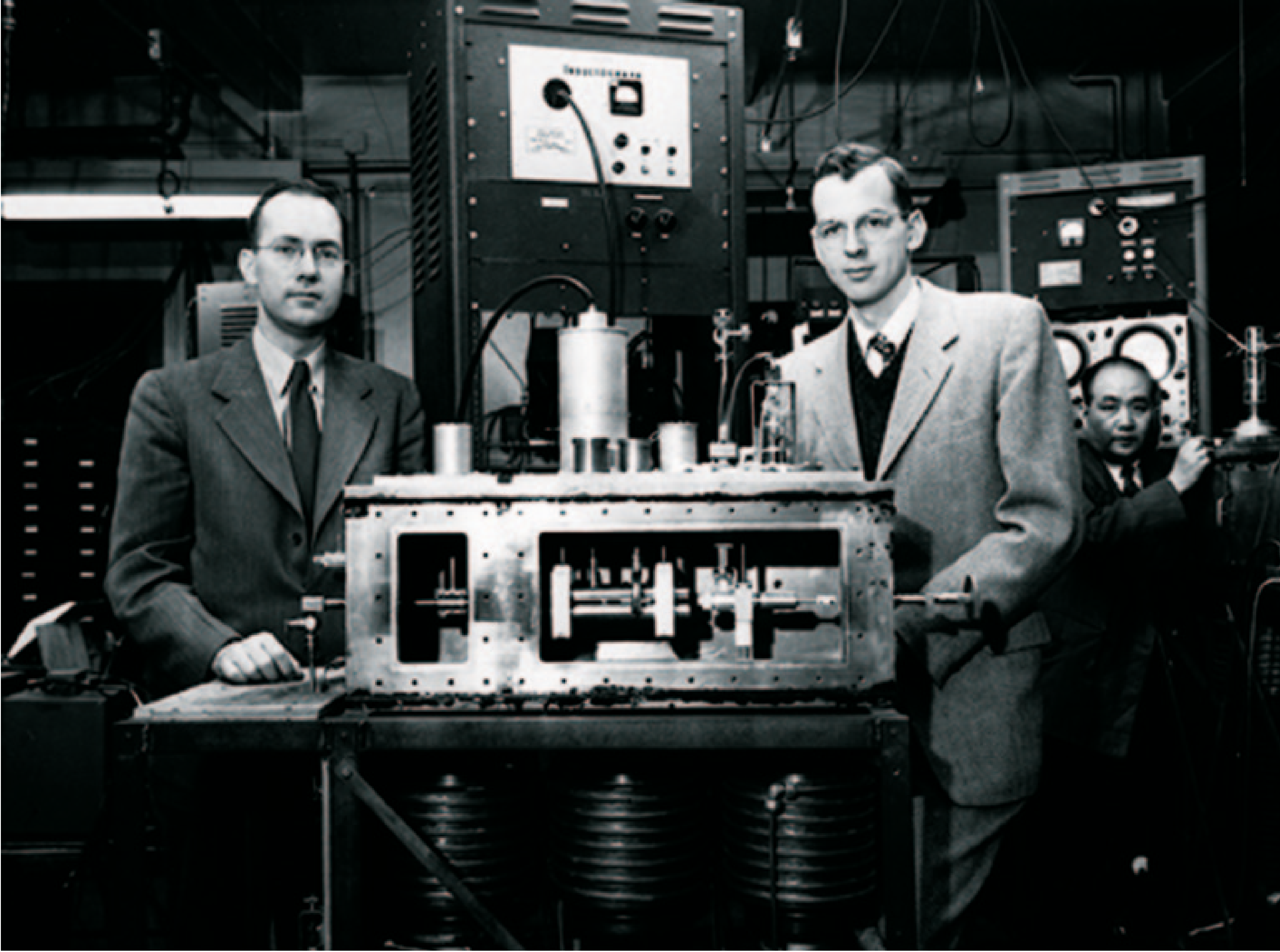
Lazerin 50. Yılı

16 Mayıs 2010, ilk yakut lazerinin çalışmasının 50. yılı. Bundan tam 50 yıl önce, ABD'nin California eyaletindeki Hughes Araştırma Laboratuvarları'nda ilk lazer T. Maiman tarafından başarılı bir şekilde çalıştırılmış ve bugün fotonik adını verdiğimiz bilim ve teknoloji dalının ilk temelleri atılmıştı. Lazer ışığının parlaklığı, eşevreli oluşu ve yüksek yeğinliği sayesinde, daha önce gözlenmesi neredeyse imkânsız olan bir çok etki artık laboratuvarlarda gözleniyor, gündelik yaşantımızda yer buluyor. Bu sayede ortaya çıkan kuantum optiği, fotonik, optik veri saklama ve optik lif ile iletişim gözde çalışma alanları olmakla kalmadı, bilim dallarının hemen hemen her birinde uygulama buldu, sorunlar çözdü. Bu yıldönümü nedeniyle uluslararası birçok bilim kuruluşu ve yayımcısı ortak etkinlikler düzenliyor (www.laserfest.org). Bir çok bilim dergisi özel sayılar çıkaracak. Filmler, gösteriler, toplantılar sürüyor. Bilim ve Teknik Dergisi de, bu Mayıs ayında özel bir sayıyla bu coşkuya katılmalı diye düşündük. Çalışmalarını Türkiye'de yapan, bu konularda uluslararası katkıları bilinen bir grup bilimciye davet mektubu gönderdik. Lazerler ve modern optik konularını kapsayan geniş bir şemsiye olusturuldu. Bu yazılardan bir kısmını, dergimizin bu sayısında bulacaksınız.

Türkiye'den bilimcilerin gözüyle ve katkılarıyla, yaptıklarıyla lazerin 50 yılını kutlayabiliyor olmak mutluluk verici. Bunun birden fazla vurgusu var: Bu çalışmalar ve zenginleşme, TÜBİTAK'ın önemli desteğiyle oldu. Bu bilimcilerin hepsi Bilim ve Teknik okurlarıydı, hâlâ okurları ve Bilim ve Teknik dergisine katkıda bulunuyorlar. Bu denli gözde ve rekabetin yüksek oldugu bir alanda, dünya çapında bilimsel üretim yapan grubun bir kısmını da olsa dergimizde bir arada görmek ve izlemek gurur verici.

Lazer nasıl ortaya çıkmıştı? Biraz geriye dönüp bakacak olursak, İkinci Dünya Savaşı, radarın ve atom bombasının, kavramlardan başlayıp üretim teknolojisine, lojistiğine kadar her şeyin baştan tasarlandığı bilimsel atılımlarla sonlandı. Fizik araştırmalarının toplumdaki önemi ve bilinirliği tarihsel bir sıçrama göstermişti. Ancak bu çok masum bir şöhret de değildi. Yıkım ve acılara yol açan bir tarafı vardı. Yine de bilime yapılan yatırımlar, beklentiler, bireysel katılımlar yeni bilim anlayışını, teknolojik gelişmeyi olanaklı kıldı. "Sırada ne var, fizikçiler ne yapacak?" soruları toplumsal beklentiye işaret ediyordu. Yüzyıl başından beri elektromanyetik dalgalar, eksi sıcaklıklar, termodinamik tersinmeler, atom ve foton etkileşimleri birçok bilimcinin araştırma gündemindeydi. Radar geliştirme programında çıkan sorunların çözümü bile optik pompalamaya, eşevreli salınımlara, elektron-molekül-atom ve foton etkileşimlerine işaret ediyordu. Maiman, yakut kristali ile optik kazancı ve aynalar kullanarak geri bildirim sağlamayı akıllıca fark edip hızlı davranmıştı. Oysa aynı anda onlarca bilimci de lazer ışımasını sağlayacak düzenekle uğraşıyordu. Maiman'ın yakut lazerinin ardından çok kısa bir sürede birçok farklı ortam ile lazer ışıması elde edildiğini görüyoruz. Moleküler biyolojide DNA'nın keşfedilmesi gibi, lazerin icadı da bir kişinin başarısına indirgenemeyecek, yıllarca süren bilimsel çalışmaların ve oluşturulan uluslararası iletişim ağının ortak bir ürünü aslında.

Lazer, bilimcilere birçok alanda "faydalı" olma mutluluğunu da yaşattı. Yeni buluş, başta haksızca "sorusunu arayan çözüm" diye sunulsa da, şu elli yıla baktığımızda sağlıktan eğlenceye binlerce kullanıcı alanında; kuantum kütleçekiminden DNA kopyalamaya, evrenin sınırlarını gözlemekten ışığı yavaşlatmaya, kuantum bilgisayarlarından tarımsal ölçümlere, hücreiçi cerrahiden alaşımların kaynak yapılmasına, parçacık hızlandırıcılardan termonükleer reaktörlere hemen her bilimsel araştırma alanında kullanım bulmuştur. Lazer yazıcıya ne dersiniz? Ya da CD/DVD oynatıcıya? Ya da tüm internet iletişim omurgasına?



Özel yeri nedir lazer uygulamalarının? Lazer araştırmaları ve uygulamaları, küçük bütçeler ve küçük gruplarla çok temel araştırmalar yapmayı, çok yaygın tüketim elektroniği ürünleri tasarlamayı, çok ince, çok yüksek çözünürlüklü ölçümler yapmayı olanaklı kılmıştır. O nedenle önemli ve değerli bir araçtır. İlginç bir başka durumu da olsa gerek. Fizikteki o meşhur 19.-20. yüzyıl sıçramasının ürünlerini –radyo dalgaları, görelilik kuramı, nükleer radyasyon, parçacık tepkimeleri gibi- anlaması, kullanması, kavraması çok zor olabiliyordu. Oysa lazer görebildiğimiz, görerek deneyler ve uygulamalar geliştirebildiğimiz bir izgede çalışabiliyordu. Dünya canlıları elektromanyetik alanlarla etkileşir, yaşamlarını buna borçludur. En başta enerjisini Güneş'ten alır, hareketleri, duyuları hep Güneş'in ışıma izgesi çevresinde biçimlenir. Belki de lazer gibi görünebilen ve tasarlanabilen güzel bir ışık kaynağı, kavramamızı ve uygulamamızı kolaylaştırmıştır.

Bu özel sayıda lazerlerin 50 yıllık tarihini, lazerlerle malzeme işlemenin temel noktalarını, askeri lazer uygulamalarındaki güncel gelişmeleri, saniyenin milyon milyarda biri (femto saniye) kadar zamanda ışık üreten sistemleri, lazerin kimya uygulamalarını, tıp ve biyomedikal alanında lazer çalışmalarını, gaz lazerlerinin yapısını, lazerleri güvenli kullanma kurallarını, kuantum optiği ve doğrusal olmayan optik uygulamalarını, lazerli televizyon tasarımlarını içeren yazılar bulacaksınız. Dediğimiz gibi, bu derlemenin en güzel tarafı, söz edilen çalışmaların ülkemizde yapılıyor olması ve bilimcilerimizin özgün katkılarını sizlerle paylaşmak oldu. Lazerler ve fotonik konusundaki çalışmalarını dinlemek, okumak isteyeceğimiz birçok başka bilimcimiz var bu küme dışında. Bilim ve Teknik Dergisi'nin gelecek sayılarında, onlarla da karşılaşmak ümidiyle.

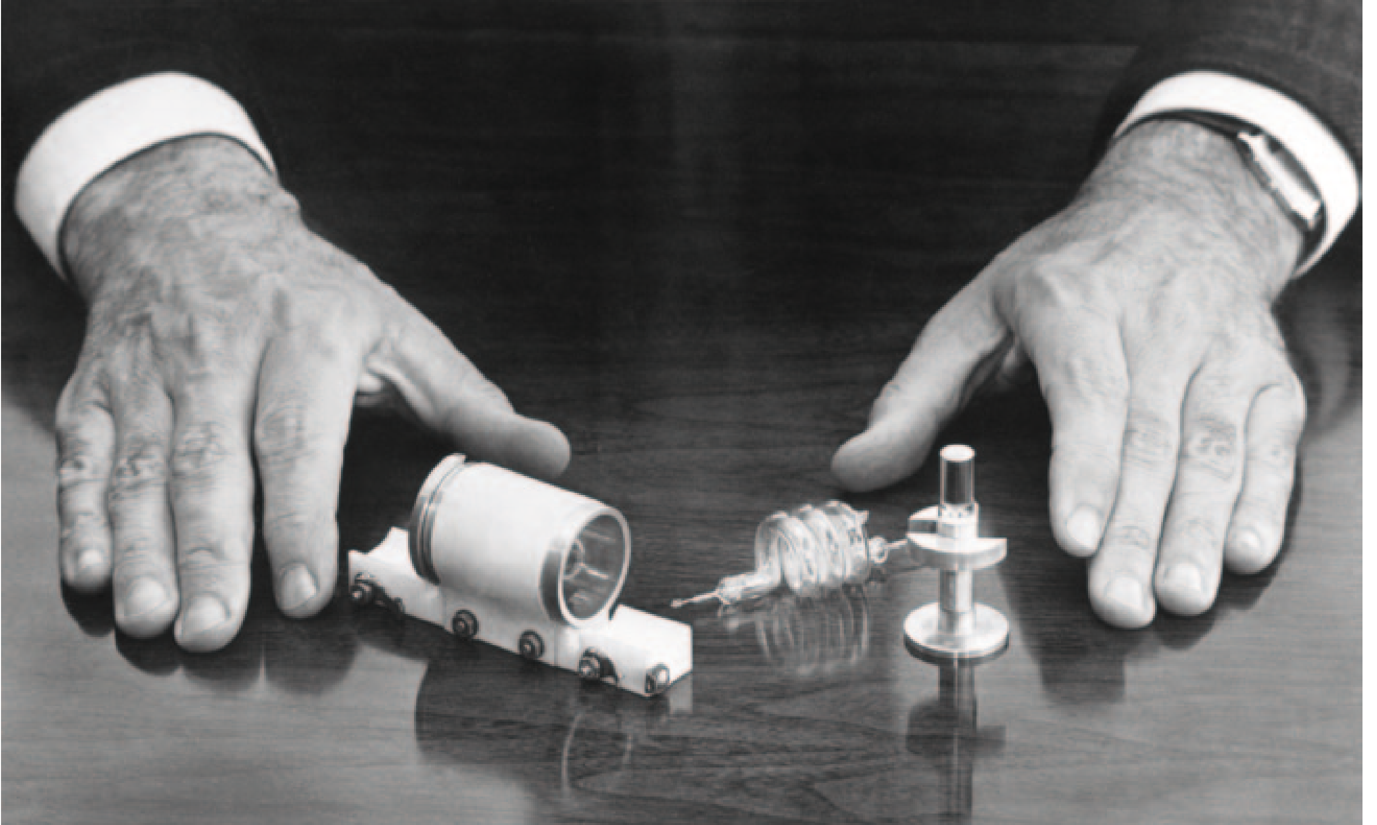
Güzel ve heyecanlı okumalar dileriz.

50. Yılında Lazer: Kısa bir Tarihçe ve Geleceğe Bakış

Kısa bir Tarihçe: Lazer ve Fotonik Alanının Doğuşu

Bundan tam 50 yıl önce, ABD'nin California eyaletinde bulunan Hughes Araştırma Laboratuvarları'nda ilk lazer T. Maiman tarafından başarılı bir şekilde çalıştırılmış ve kısa bir sürede dünyanın birçok araştırma laboratuvarında da benzer sonuçlar elde edilmişti. Lazer ışığını, o güne dek bilinen ışık kaynaklarından ayıran çok önemli temel fiziksel özellikler vardı. Bunları kısaca şöyle özetleyebiliriz:

Lazerle üretilen ışık, yaklaşık olarak eşevrelidir. Çok basitleştirilmiş olarak açıklayacak olursak, lazer ışık dalgaları arasında sabit bir faz ilişkisi vardır veya bu dalgalar eş zamanlıdır diye düşünebiliriz. Dolayısıyla, böyle bir ışın demetini ikiye ayırıp uzun bir mesafeden sonra birleştirirseniz (bunu pratikte yapmanın birçok yolu vardır ve bu tür düzeneklere girişimölçer veya interferometre adı



Theodore Maiman'ın 1960 yılında çalıştırdığı ilk lazer.

SPL

>>>

verilir), düzgün bir girişim deseni (yani ışık şiddetinin belli konumlarda sıfıra, belli konumlarda da tepe değere ulaştığı yeğinlik dağılımı) elde edebilirsiniz. Eğer ışık eşevreli değilse, elde edeceğiniz girişim deseni daha bulanık olacak veya tümüyle yok olacaktır. Lazer ışığının bu temel fiziksel özelliğini açıklayan eşevrelilik (koherens) kuramı konusunda günümüze dek çok kapsamlı araştırma yapılmıştır.

Lazer ışığının daha gözle görülür, elle tutulur özelliklerine bakacak olursak, üretilen ışığın normal şartlarda, belli bir renkte olduğunu görürüz. Bir başka deyişle, üretilen ışık dar bir dalga boyu aralığındadır. Bu özellik de aslında eşevreli oluşuyla ilintilidir. Rengi belirleyen, ışığı üretmek için kullanılan ortamın (katı, sıvı veya gaz olabilir) spektroskopik yapısıdır.

Lazer ışığının bir başka önemli özelliği, yönlü olması ve uzun mesafelerden sonra bile görece li olarak toplu kalmasıdır. Böyle bir ışık demetini odakladığınız zaman, ortalama güçler düşük olsa bile çok yüksek güç yeğinliği (şiddeti) elde etmek mümkündür.

Lazerin icadında, aslında yeni bir bilim ve teknoloji alanının doğuşunu görüyoruz. 1960'ta ilk yakut (ruby) lazerinin icadının ardından, kısa bir süre içerisinde birçok değişik ortam ile lazer ışığı üretilebilmiştir. Bunların arasında en önemlilerinden bir tanesi yarıiletken lazerleriydi. Bu lazerlerin çok küçük boyutlarda ve yüksek sayıda üretilebilmeleri, kısa zamanda bilgi işlemede (örneğin hepimizin bildiği CD ve DVD okuyucularında) ve iletişimde kullanılabilmelerini sağladı. Örneğin, internet altyapısını oluşturan iletişim şebekesi ve okyanus geçen kablolar artık ışık liflerinden oluşmaktadır. Bu gelişmelerin yanında, eşevreli ışığın kuantum veya bir başka deyişle foton kuramının geliştirilmesi ve 1960-1970'li yıllarda yüksek saflıkta optik liflerin üretimi de önemli kilometre taşları arasındadır. Bu gelişmelerin ürünlerini bugün birçok bilimsel ve teknolojik alanda görmemiz mümkün. Örneğin atom ve molekül fiziğini ele alalım. Femtosaniye lazerleri ve ileri algılama yöntemleri ile artık pikosaniye (1 pikosaniye=10^{-12} saniye) ve femtosaniye (1 femtosaniye=10^{-15} saniye) ölçeklerinde oluşan çok hızlı fiziksel olayları gözlemek mümkündür. 1 pikosaniyenin, saniyenin trilyonda biri olduğunu düşünürsek, incelenebilen olayların ne kadar kısa sürelerde gerçekleştiği konusunda daha iyi bir fikrimiz olur! Bilimsel çalışmaların yanı sıra, foton kaynakları ve algılayıcılarından oluşan birçok teknolojik ürün de artık günlük hayatımızın önemli bir parçası haline geldi. Yine örnek verecek olursak, yarıiletken lazerler, algılayıcılar ve optik liflerden oluşan fiberoptik sistemler, hızlı ve düşük gürültülü iletişimde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde, bu çok yönlü teknoloji alanı için Fotonik adı kullanılmakta ve kapsamı daha geniş bir tanımla verilmektedir: Fotonik, bilimsel ve teknolojik problemlere, foton üreten, ileten ve algılayan özgün sistemler kullanarak çözüm üretmeyi hedefleyen bir bilim dalıdır. "Fotonik nedir, niye optik adı dururken yeni bir isim kullanma gereği duyuldu?" diye bana konu dışındakiler sorduğu zaman hep, "Optiğin rönesans dönemidir" diye yanıt veririm. Bunun kesinlikle abartılı bir benzetme olmadığı kanaatindeyim. İşte, bu yazıdaki esas konumuz olan lazer, fotonik alanının bugünlere gelmesinde en önemli etkenlerin başında gelmektedir.


SPL

Theodore Maiman (1927-2007)

Lazerin icadı bir gün içerisinde gerçekleşmemiştir! Geriye dönüp bakarsak, lazerin, ışığın özelliklerini ve karakterini anlamak için verilen ve yüzyıllardır süre gelen bir uğraşın sonucunda ortaya çıktığını görürüz. Bu konuda Descartes, Fermat, Snell, Newton, Huygens, Young, Fresnel ve daha birçok bilimcinin farklı zamanlarda öncü ve önemli katkıları olmuştur. Bu çalışmaların geldiği iki doruk noktasından bir tanesi 19. yüzyılın sonlarına doğru modern elektromanyetik kuramın keşfidir. Bu keşfin baş aktörlerinden olan James Clerk Maxwell (1831-1879), Gauss, Ampere ve Faraday gibi diğer bilimcilerin çalışmalarından yola çıkarak geliştirdiği elektromanyetik kuram ile, elektrik ve manyetik alanların arasındaki bağlantıyı 4

temel denklemle açıkladı. Bu kuramın en başarılı öngörülerinden bir tanesi, elektromanyetik dalgaların boşlukta ışık hızında ilerlediklerinin ve buna bağlı olarak, ışığın da bir elektromanyetik dalga türü olduğunun keşfidir. Maxwell'in bu önemli keşfinin ardından, Heinrich Hertz (1857-1894) 1888 yılında elektromanyetik dalgaların üretimini ilk kez deneysel olarak göstermiş ve ardında da Marconi, Braun gibi öncülerin çalışmaları sonucunda radyo dalgaları ile iletişim çağı başlamış ve hiç ivme kaybetmeden günümüze kadar ilerlemiştir.

Gelelim ikinci doruk noktasına. 19. yüzyılın sonuna doğru, ışıma konusunda yapılan gözlemlerin sadece ışığın dalga özelliklerini ve klasik fizik kuramlarını kullanarak açıklanamayacağı artık birçok bilimci tarafından fark edilmişti. Doğru resmin şekillenmesinde öncü olan Max Planck (1858-1947), 1900 yılında kara cisim ışımasını açıklamak için geliştirdiği kuantum kuramında, ışık enerjisinin bölünemeyen temel enerji paketlerinden oluştuğunu ve her bir enerji paketinin içerdiği enerjinin (E) $E = fh$ bağlantısı ile verildiği hipotezini ortaya atar. Burada f ışığın frekansı, h ise Planck sabitidir. 1905 yılında, Albert Einstein (1879-1955), kuantum kuramını kullanarak fotoelektrik olayını (ışık ile aydınlatılmış yüzeylerden elektron salımı) açıklayabilmiş ve bu çalışması ile 1921'de Nobel Fizik ödülünü almıştır. Kuantum kuramında ortaya atılan ve foton adı verilen bu ışık tanecikleri, Newton'un zamanında öngördüğü klasik ışık taneciklerinden çok daha farklıydı ve alışılagelmişin dışında, sürekli ve belirli bir yörünge takip etmiyordu. Esasında, bir adım daha öteye gidecek olursak, ışık ile ilgili gözlemlerin ancak her iki özelliğin de (parçacık ve dalga) bir arada olduğu modellerle açıklanabileceği kısa zamanda anlaşıldı ve bu da kuvantum mekaniğinin doğuşuna giden yolu açmış oldu. Bugün bile, ışığın gizemli yapısının gerçekten neye dayandığı konusunda hem kuramsal hem de deneysel çalışmalar yoğun bir şekilde sürmektedir. Lazer konusuna dönecek olursak, 1917'de Albert Einstein ışık-madde etkileşimlerini kuantum kuramı ile ilk kez ele alarak lazerin çalışma ilkelerini ortaya koymuş ve burada gözlenen, kendiliğinden ışıma (spontaneous emission), soğurma (absorption) ve uyarılı ışıma (stimulated emission) gibi önemli fiziksel etkilerin kuramını geliştirmiştir.

Tarihsel gelişmelere bakacak olursak, Einstein'ın ışık-madde kuramının ardından lazerin icadına kadar 40 yıldan fazla bir sürenin geçtiğini görüyoruz. 'Neden?' diye soracaksınız. Bu sürede, optik kazanç elde edilebilecek en uygun ortamların, artı geri besleme sağlayacak rezonatör tasarımlarının ve verimli pompalama yöntemlerinin geliştirilmesi konusunda yoğun araştırmalar sürdürülmüş, birçok malzemenin enerji düzeyi yapısı spektroskopik yöntemlerle incelenmişti. 1950'li yılların sonuna doğru, uyarılı ışımayla kazanç, önce mikrodalga frekanlarında deneysel olarak gösterilmiş ve bunun sonucunda ilk amonyak maseri icat edilmişti. Optik frekanslarda da uyarılı ışıma yoluyla kazanç (light amplification by stimulated emission of radiation) elde edilebileceği kuramı, 1964'te Nobel Fizik ödülüne layık görülen C. H. Townes (d. 1915), N. G. Basov (1922-2001) ve A. M. Prokorov (1916-2002) tarafından yine bu yıllarda geliştirilmiştir. 1960'ta da ilk yakut lazerinin T. H. Maiman (1927-2007) tarafından icat edilmesiyle fotonik ve lazer alanı başlamış oldu.

Lazerle İlgili Bazı Genel Bilgiler ve Rekorlar

Hakkında sık sık sorulan bazı soruları yanıtlayarak lazerin genel özelliklerine ve bazı rekorlara kısaca bakalım:

Kaç değişik lazer vardır? Şaşırabilirsiniz ama saymakla bitiremeyeceğimiz kadar çok değişik lazer sistemi vardır. Yukarıda bahsedilen ve 1960'ta icat edilen ilk lazer, yakut kristaliyle yapılmıştı. Burada, safir kristali içerisine katkılanan krom iyonlarının kırmızı bölgedeki ışıması kullanılarak lazer ışığı üretildi. Yakutun yanı sıra ışıyan başka birçok kristal, yarıiletkenler (elektron ve delikler tarafından sağlanan elektriksel iletkenliği, sıcaklık ve katkılama ile değişen kristaller), camlar, fiberler (camın ısıtılarak çekilmesi sonucunda oluşturulan ve ışık aktarımı için kullanılan ince lifler), gazlar ve sıvılarla da lazer ışığı üretilebilmiştir. Şimdiye kadar geliştirilmiş olan tüm lazerleri elbette günlük hayatımızda görmek mümkün değildir. Bu lazerlerin bir kısmı sadece çok özel laboratuvar ortamlarında çalıştırılabilmiş, bazıları ise birçok elverişli özellik taşıdığından ticarileştirilip yaygın kullanıma girmiştir.

Bir lazerle ne kadar güç elde etmek mümkündür? Öncelikle güç, birim zamanda üretilen enerjiye karşı gelir ve Watt cinsinden ölçülür. Örneğin 1 Watt gücü olan bir lazer, sürekli çalıştırıldığında, saniyede 1 Joule optik enerji üretecektir. Lazerlerle elde edilebilen güçler, kurulan düzeneğin büyüklüğü ve kullanılan ortamın fiziksel özellikleriyle çok değişir. Birkaç somut örneğe bakarak hangi düzey-

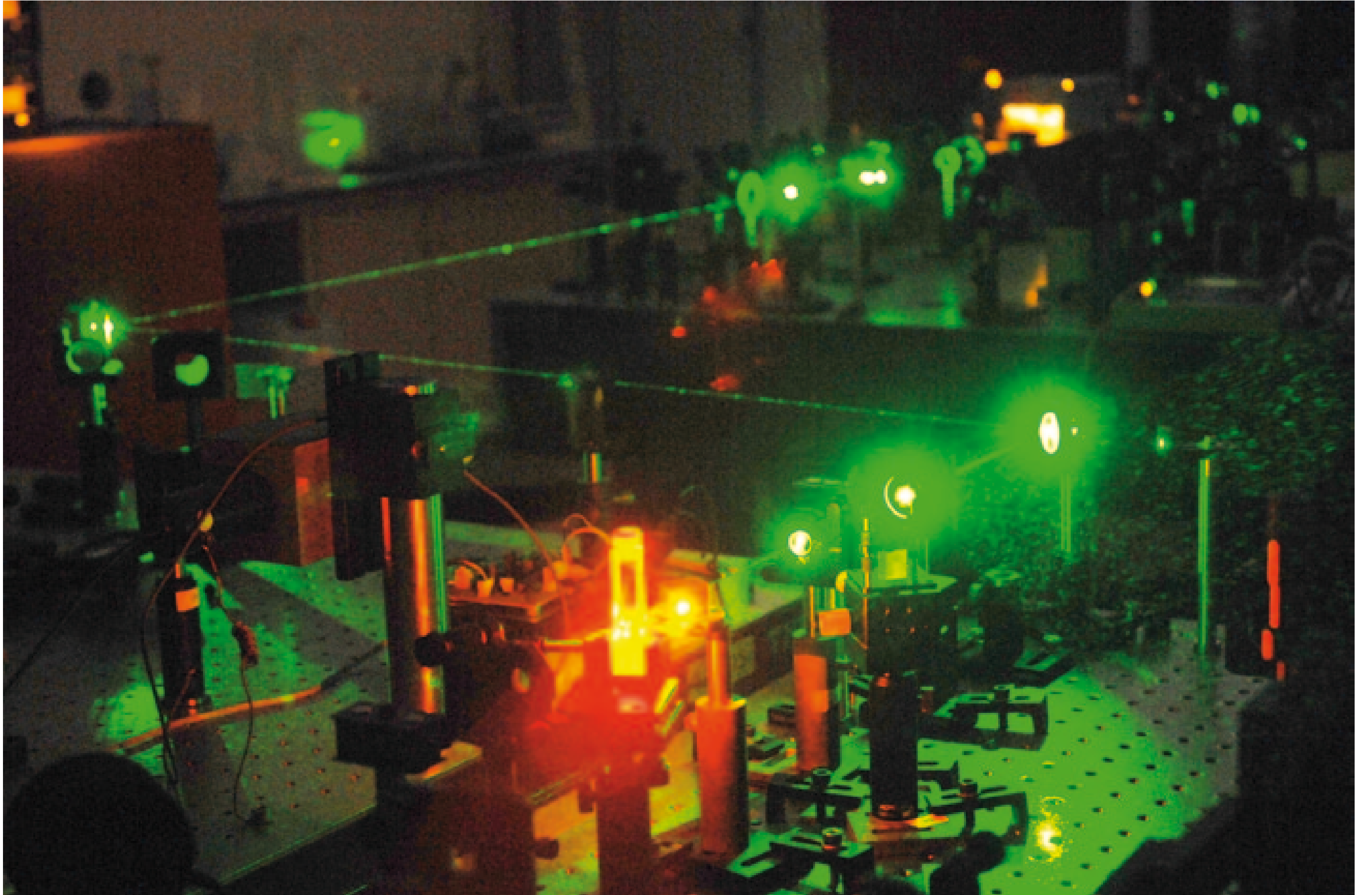
>>>

lerde güçler elde edilebileceğini görelim. Örneğin, sürekli-dalga helyum-neon gaz lazerleri ile miliwatt (1 Watt'ın binde biri) düzeylerinde güç elde etmek mümkündür. Öte yandan, kimyasal lazerler ile megawatt (10^6 W) düzeyinde çıkış güçleri elde edilmiştir. Örneklerdeki güç sınırlarının dışına çıkılamaz gibi bir sonuca varmanın çok yanlış olacağını önemle vurgulamamız gerekir. Sadece güç düzeyleri konusunda bir fikir vermesi için bu örnekleri seçtim. Yeni yöntemler ve malzemeler geliştirildikçe bu düzeylerin altında veya üstünde güç üretebilen lazerler de sürekli olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, bir lazerin pratikte ne kadar işe yaradığını değerlendirmek için sadece ürettiği güce bakmak doğru olmaz. Örneğin çok hassas frekans ve uzunluk ölçümlerinde kullanılan lazerler genellikle düşük güç üretirken, endüstride metal kesme veya işleme uygulamaları için kiloWatt düzeyinde güç üreten sistemler tercih edilmektedir.

Elde edilmiş en yüksek lazer darbe enerjisi ne kadardır? Bugüne kadar elde edilmiş en yüksek lazer darbe enerjisi 150 kJ (1 kJ= 1,000 Joule) civarındadır ve California'nın Livermore kentinde bulunan National Ignition Facility'de (NIF) üretilmiştir. Bir futbol stadyumundan daha büyük bir yeri dolduran bu lazer sistemiyle, yakın zamanda, darbe enerjilerinin 1 MJ (1 MJ= 1.000.000 Joule) düzeyine çıkması beklenmektedir. Bu darbeleri, deuterium içeren hedef üzerine odaklayarak nükleer füzyon olayının başlatılması ve böylece verimli enerji üretimi planlanmaktadır. Bu lazerle üretilen darbelerin uzunluğu 10 ns (1 ns= 0,000,000,001 saniye) civarındadır.

En kısa lazer darbe süresi nedir? Şimdiye kadar üretilen en kısa süreli lazer darbeleri, yaklaşık olarak 1 femtosaniyenin (1 fs= 10^{-15} saniye, bir başka deyişle saniyenin katrilyonda biri) altındadır. Max Planck Enstitüsü'nde elde edilen bu darbeleri üretmek için, aynı anda morötesinden kızılaltına kadar geniş bir frekans aralığında, bir başka deyişle aynı anda eşevreli her rengi üretebilen bir lazer kullanılmaktadır. Böyle bir lazerin ürettiği ışık, görünür bölgedeki her rengi içerdiğinden göze beyaz görünür.

Bir lazer ne büyüklükte olur? Burada da genelleme yapmak çok zordur; çok geniş bir yelpazede birçok değişik boyutlu lazerin olduğunu görüyoruz. Örnek verecek olursak, CD okuyucularında kullanılan yarıiletken lazerleri toplu iğnenin başından daha küçük bir yer kaplar, boyutları metrenin





Prof. Dr. Alphan Sennaroğlu, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimini Cornell Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde tamamladıktan sonra, 1994 yılında Koç Üniversitesi'ne katılmış ve Lazer Araştırma Laboratuvarı'nı kurmuştur. Halen Koç Üniversitesi Fizik ve Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümlerinde öğretim üyesi olarak görevini sürdürmektedir. Araştırma konuları arasında katı hal lazerleri, femtosaniye lazerleri, doğrusal olmayan optik ve spektroskopi yer almaktadır. Prof. Sennaroğlu Türkiye Bilimler Akademisi asosiye üyesidir.

milyonda biri mertebesindedir. Öte yandan, birçok endüstriyel lazer sisteminin santimetre-metre boyutlarında olduğunu görürüz. Daha uç örneklere bakacak olursak, yukarıda bahsettiğimiz 150 kJ'luk NIF lazeri, bir futbol stadyumundan daha geniş bir alanı kaplar.

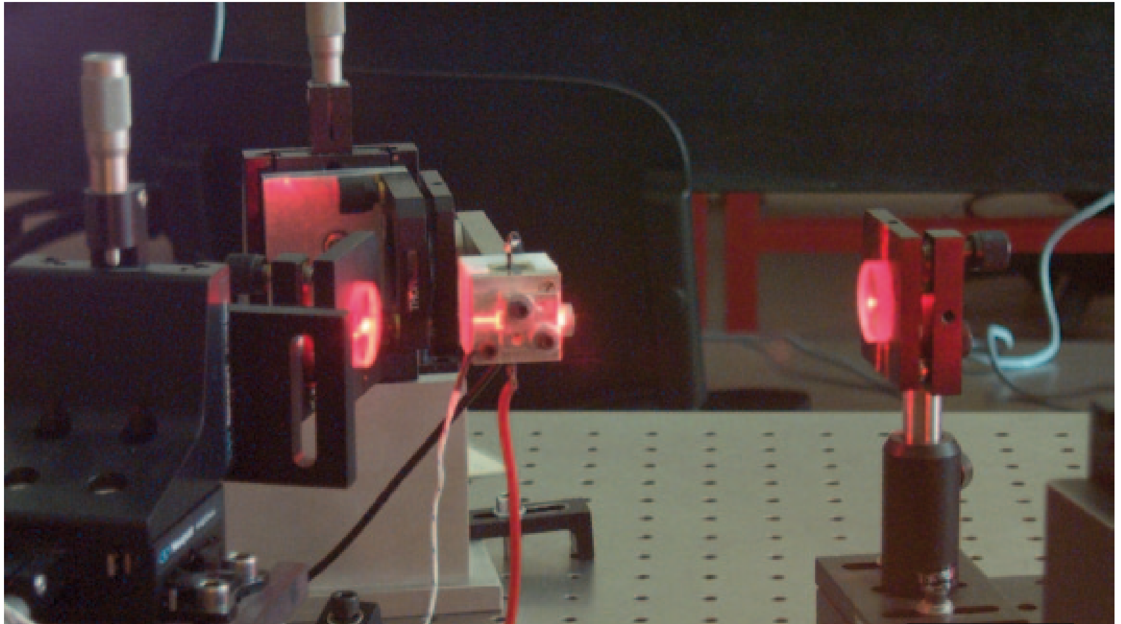
Anlık en yüksek lazer gücü nedir? Lazerlerle elde edilebilmiş en yüksek anlık tepe gücü 1 PW mertebesindedir (1 PW= 10^{15} Watt, diğer bir deyişle 1 katrilyon Watt) düzeyindedir. ABD Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarları'nda elde edilmiş olan bu güç düzeyi, kıyaslayacak olursak, ABD'nin toplam elektrik üretim kapasitesinin 1200 katına karşılık gelir. Tabii ki burada anlık güçten söz ediyoruz. 1 PW'lık gücü olan lazer darbesinin uzunluğu yaklaşık olarak 440 femtosaniye mertebesindeydi. Bu darbelerle elde edilen elektrik alanları o kadar yüksektir ki odaklandığı zaman, yıldızlardaki yüksek enerji yoğunluğuna yakın koşulları laboratuvar ortamında elde etmek ve elektronları ışık hızına yakın hızlara ivmelendirmek mümkündür. Bu yöntemleri kullanarak elektron dinamiğini inceleyen bilim dalına rölativistik optik adı verilmiştir.

Kısaca İleriye Bakış

Lazer 50. yılını doldururken artık bu konuda yapılacak yeni bir şey kalmamıştır yanılgısına kesinlikle düşmemek gerekir. Geçtiğimiz 50 yıllık sürede, birçok lazer sistemi laboratuvar şartlarında geliştirilmiş ve sayısız uygulamada kullanılmıştır. "Peki geriye ne kaldı?" diye soracak olursanız, aslında birçok uygulama için lazer çağı daha yeni başlıyor diyebiliriz. Yakın gelecekte, lazer araştırmalarının yoğunlaşacağını düşündüğümüz bazı konuları şöyle özetleyebiliriz:

1. Kararlı lazer sistemlerinin geliştirilmesi. Yukarıda da bahsettiğimiz gibi, laboratuvar ortamında ve özel şartlar altında çok sayıda yeni lazer sistemi çalıştırılmıştır. Buna karşın, lazerin kendisi, doğrusal olmayan bir sistem olduğundan ve birçok karmaşık etkinin aynı anda devreye girmesiyle çalıştığından (örneğin kullanılmayan pompa enerjisinden dolayı ısıl yüklenme, ışığın yeğinliğine bağlı odaklanması, Raman dönüşümü, yüksek harmonik üretimi, ortam kırınım katsayısının dalga boyuna bağımlılığı ve benzeri), bu deneylerin tekrarlanmasında çoğu kez birçok pratik engelle karşılaşılmaktadır. Dolayısıyla, laboratuvarda deneysel olarak gösterilen bir sistemin ticari bir ürün haline gelebilmesi ve denetlenemeyen ortam şartlarında (uç sıcaklıklar, nem ve hareketli platformlar gibi) kararlı bir şekilde çalıştırılabilmeleri için epeyce karmaşık mühendislik tasarımı ve yaratıcılık gerekmektedir. Ayrıca, yine bu denetlenemeyen ortam koşullarındaki değişimlere daha az duyarlı sistemler geliştirmek için birçok yeni malzemeye de gereksinim vardır. Kısaca, yakın gelecekte, kararlı ve dayanıklı lazer sistemlerinin üretimine yönelik mühendislik çalışmalarının hızla artması beklenmektedir.

2. Maliyeti düşük lazerlerin geliştirilmesi. Bu konu da yeni nesil lazer sistemlerinin geliştirilmesinde öne çıkacak önemli hedefler arasındadır. Örneğin Ti:safir lazerini ele alacak olursak, bu sistemin birçok elverişli özelliğinden dolayı başarılı bir



şekilde ticarileştirildiğini görüyoruz. Buna karşın, pahalı pompa lazerlerine ve denetleme sistemlerine gereksinimden dolayı, örneğin femtosaniye üretebilen ticari Ti:safir lazerleri çok yüksek fiyatlarla satılmaktadır. Bugün, özellikle sağlık bilimlerinde, Ti:safir türü femtosaniye darbe üretebilen ve aynı zamanda dalga boyu ayarlanabilen lazerlere olan gereksinim çok artmıştır. Buna verebileceğimiz güzel bir örnek çok fotonlu mikroskopidir (multiphoton microscopy). Burada, yüksek yeğinliğe sahip lazer darbeleriyle canlı doku uyarıldığı zaman çok fotonlu soğurma ortaya çıkmakta ve dokunun ışıdığı bölge, dalga boyu ile belirlenen kırınım sınırının çok altında kalabilmektedir. Bu da, yaygın kullanılan mikroskoplara göre çok daha yüksek çözünürlüğe sahip görüntü elde etmeyi sağlamaktadır. Buna karşın, maliyeti milyon TL'lere varan bu sistemleri birçok araştırma grubunun satın alabilmesi bugünkü şartlarda çok zordur ve bu güçlü görüntüleme yöntemlerinin sağlık bilimlerinde yaygın olarak kullanımı güçleşmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırabilecek, Ti:safir ile benzer özellikleri olan fakat maliyeti çok daha düşük lazer sistemlerinin geliştirilmesi konusunda da yoğun araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin devam etmesi beklenmektedir. Biz de Massachusetts Institute of Technology'den Prof. James G. Fujimoto ile ortak olarak sürdürdüğümüz bir projede, femtosaniye Cr:colkurit (Cr:LiCAF, Cr:LiSAF türü) lazerlerin geliştirilmesi konusunda çalışmaktayız. Bu sistemlerin en elverişli özelliklerinden biri, DVD sistemlerinde kullanılan ucuz diyot lazerleriyle pompalanabilmeleri ve Ti:safir gibi dalga boyu ayarlanabilen femtosaniye darbe üretebilmeleridir. Bunun başarılı bir şekilde gerçekleşmesi sayesinde, ucuz ve yüksek çözünürlükte lazer mikroskopların birçok araştırma grubu ve sağlık merkezi tarafından kullanımı mümkün olacaktır.

3. Yüksek harmonik ve x-ışınımı üretimi. Femtosaniye lazerlerin çıkışı, gaz hedefler içerisinde odaklandığı zaman, derin morötesinde ve hatta x-ışını bölgesinde radyasyon üretilebileceğinin mümkün olduğu deneysel olarak gösterilmiştir. Bu yöntemle üretilebilen eşevreli ışınımın tıbbi görüntüleme ve tedavi uygulamalarında kullanılması öngörülmektedir. Bu konuda yoğun çalışmaların önümüzdeki yıllarda da sürdürülmesi beklenmektedir.

4. Lazerlerin Metroloji Uygulamaları. Çok yüksek frekans kararlılığına sahip lazerle hassas zaman, frekans, boyut ölçümünün ve bunlara bağlı referansların yakın zamanda daha yaygın olarak endüstride kullanılması beklenmektedir.

5. Attosaniye lazerleri. Femtosaniye lazerleri asal gazlar içerisine odaklandığı zaman, attosaniye (10^{-18} sn) uzunluğunda optik darbeler üretmek de son zamanlarda mümkün olmuştur. Bu konunun da hızla önem kazanması ve attosaniye darbeler üretebilen lazerlerin görüntüleme ve malzeme tanımlamaları konularında yaygın bir şekilde kullanılması beklenmektedir.

6. Yüksek güçlü lazerler. Sürekli çalıştırılan kimyasal lazerlerle ortalama gücü 1 MW'a varan sistemler yapılmıştır. Gücü kW-MW düzeylerinde ve fiber/seramik/katı hal tabanlı lazerlerle ilgili de önümüzdeki dönemlerde yoğun çalışmaların sürdürülmesi beklenmektedir. Yüksek güçlerde çalışan lazerlerin malzeme işleme, endüstriyel kesme/kaynak ve atmosferde lazer radar uygulamaları bulunmaktadır. Fiber lazerlerinin, verimli bir şekilde soğutulabilmelerinden dolayı, yüksek güçlü lazer sistemleri arasında kullanımlarının daha da yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Lazerle ilgili şu an öngöremediğimiz sürpriz gelişmeleri de ayrıca merakla bekliyoruz!

Kaynaklar

T. H. Maiman, "Stimulated optical radiation in ruby," *Nature* **187**(4736), 493-494 (1960).
R. J. Glauber, "Quantum Theory of Optical Coherence," Phys. Rev. **130**, 2529-2539 (1963).
L. Mandel ve E. Wolf, *Optical Coherence and Quantum Optics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
N. G. Basov, O. N. Krokhin ve Y. M. Popov, "Production of negative temperature states in p-n junctions of degenerate semiconductors," *Soviet Physics-JETP* **40**, 1320-1321 (1961).
R. N. Hall, G. E. Fenner, J. D. Kingsley, T. J. Soltys ve R. O. Carlson, "Coherent light emission from GaAs p-n junctions," *Phys. Rev. Lett.* **9**, 366 (1962).
F. P. Kapron, D. B. Keck, and R. D. Maurer, "Radiation losses in glass optical waveguides," *Appl. Phys. Lett.* **17**, 423 (1970).
K. C. Kao and G. A. Hockham, "Dielectric-Fibre Surface Waveguides for Optical Frequencies," *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers-London* **113**(7), 1151-1158 (1966).
A. Zewail, "Femtochemistry: Atomic-scale dynamics of the chemical bond," *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY A* **104**, 5660-5694 (2000).
R. Baierlein, *Newton to Einstein*, Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
J. C. Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, Clarendon Press, Oxford, 1881, 1. Cilt.
J. C. Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, Clarendon Press, Oxford, 1873, 2. Cilt.
J. C. Maxwell, "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field," *Proceedings of the Royal Society of London* **13**, 531-536 (1863-1864).
K. Krane, *Modern Physics,* 2. Basım, Wiley, New York, 1996.
A. Einstein, "Generation and conversion of light with regard to a heuristic point of view," *Annalen Der Physik* **17**(6), 132-148 (1905).
E. Schrodinger, "Quantisation as an eigen value problem," *Annalen Der Physik* **79**(4), 361-U368 (1926).
C. Roychoudhuri ve E. R. Roy, "The Nature of Light: What is a Photon?" *Optics and Photonics News, Trends*, 2003.
A. Einstein, "Quantum theory of radiation," *Physikalische Zeitschrift* **18**, 121-128 (1917).
J. P. Gordon, H. J. Zeiger ve C. H. Townes, "Maser - New Type of Microwave Amplifier, Frequency Standard, and Spectrometer," *Physical Review* **99**(4), 1264-1274 (1955).
A. L. Schawlow ve C. H. Townes, "Infrared and Optical Masers," *Physical Review* **112**(6), 1940-1949 (1958).
A. M. Prokhorov, "Molecular Amplifier and Generator for Submillimeter Waves," *Soviet Physics Jetp-Ussr* **7**(6), 1140-1141 (1958).
N. G. Basov, O. N. Krokhin ve I. M. Popov, "Generation, Amplification, and Indication of Infrared and Optical Radiation by Means of Quantum Systems," *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* **72**(2), 161-209 (1960).
A. Sennaroglu, "Fotonik ve Katýhal Lazerleri," *Tübitak Bilim Teknik Dergisi* (**Mart**2007).
Lazerfest, "Celebrating 50 years of lazer innovation," http://www.lazerfest.org/.
"National Ignition Facility, web sitesi," http://www.llnl.gov/nif.
S. Sakadzic, U. Demirbas, T. R. Mempel, A. Moore, S. Ruvinskaya, D. A. Boas, A. Sennaroglu, F. X. Kartner ve J. G. Fujimoto, "Multi-photon microscopy with a low-cost and highly efficient Cr:LiCAF lazer," *Optics Express* **16**(25), 20848-20863 (2008).
T. Brabec ve F. Krausz, "Intense few-cycle lazer fields: Frontiers of nonlinear optics," *Reviews of Modern Physics* **72**(2), 545-591 (2000).
A. Rundquist, C. G. Durfee, Z. H. Chang, C. Herne, S. Backus, M. M. Murnane ve H. C. Kapteyn, "Phase-matched generation of coherent soft X-rays," *Science* **280**(5368), 1412-1415 (1998).
T. Udem, R. Holzwarth ve T. W. Hansch, "Optical frequency metrology," *Nature* **416**(6877), 233-237 (2002).
J. Limpert, F. Roser, S. Klingebiel, T. Schreiber, C. Wirth, T. Peschel, R. Eberhardt ve A. Tunnermann, "The rising power of fiber lazers and amplifiers," *Ieee Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **13**(3), 537-545 (2007).
A. Giesen, H. Hugel, A. Voss, K. Wittig, U. Brauch ve H. Opower, "Scalable Concept for Diode-Pumped High-Power Solid-State Lazers," *Applied Physics B-Lazers and Optics* **58**(5), 365-372 (1994).

Kuthan Yelen

Dünyanın Sınırlarını Türkiye'de Zorladığımız Teknoloji:

Askeri Lazer Uygulamaları

Lazerlerin askeri amaçlı iki temel kullanım şekli var. Ancak uzaydan bir lazer ışını gönderip füzeleri havada patlatmak bunlardan biri değil. Çünkü bu pratik olarak mümkün değil. Bu konuya daha sonra tekrar döneceğiz. Lazer kullanarak düşman askerlerini kör etmek de temel bir kullanım alanı değil. Bu pratik olarak mümkün olmakla beraber "ahlaka uygun" bir davranış değil. Tıpkı kimyasal ve biyolojik silahların kullanımının savaş ahlakına aykırı kabul edilmesi gibi, kalıcı olarak kör etmek amacıyla lazer kullanımı, savaşırken dahi ahlaki prensipleri gözeten ve aralarında Türkiye'nin de bulunduğu Birleşmiş Milletler üyesi ülkelerce dışlanmıştır.
Şehir efsanelerine böyle kısaca değindikten sonra gelelim lazerlerin askeri alanda gerçek kullanım şekillerine. Lazerler, çok hassas bir şekilde mesafe ölçmek ve askere veya güdümlü mühimmata hedefin yerini göstermek amaçlarıyla kullanılmaktadır. Şimdi bu işlevlerin neden çok önemli olduğunu ve lazerin bu işlevleri nasıl benzersiz bir şekilde yerine getirebildiğini anlayalım.

Stinger füzeleri için Aselsan tarafından tasarlanan ve üretilen KMS sistemi Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından kullanılıyor.


Aselsan Arşivi



>>>

Lazer İle Mesafe Ölçmek

Bayramda teyzenizi ziyarete giderken arabanın "kilometresini" sıfırlayarak iki ev arasındaki mesafeyi bulabilir ve 11 – 12 kilometre yol yaptık diyebilirsiniz. Bu çoğumuz için oldukça yeterli bir hassasiyetle yapılmış bir ölçümdür. Daha uzun mesafelerde, örneğin, uçakla yaptığınız bir yolculuk sırasında Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) aracılığıyla geçilecek tüm noktalar birleştirilerek mesafeler baştan çok daha hassas bir şekilde ölçülebilir. Ancak bunu yapabilmek için tüm koordinatları baştan biliyor olmanız gerekir.

Şimdi şöyle bir senaryo içinde olduğunuzu düşünelim. Savaş alanındasınız. Bir şekilde kendi koordinatlarınızı belirlemeye vaktiniz olduğunu varsayalım. Doğunuzdaki hakim tepelerin üzerinde sizi tehdit eden bir tank var. Yine çok iyimser bir varsayımla bu tankın yakıtı bitmiş ve bu nedenle hep olduğu yerde duruyor. Bu tehditten kurtulabilmek için havan veya top gibi bir silah kullanacaksınız. Bu silahların etkili çalışabilmesi, silah ile hedef arasındaki mesafenin ne denli kesin olarak bilindiğine bağlıdır. Çünkü bu silahlardan çıkan mermiler havada bir eğri çizerek, yani bir eğik atış rotası izleyerek hedeflerini bulurlar. Bu nedenle mesafeye bağlı olarak namlu açısının doğru ayarlanması hayati önem taşır. Öyle ki 5 kilometre uzaklıktaki bir tankla aranızdaki mesafede sadece %1'lik bir hata, 50 metrelik sapma demektir. Atılan merminin hedefi 50 metre şaşması, hedefteki tanka sizin yerinizi göstermekten başka bir işe yaramaz.

Hassas mesafe bilgisi bu kadar önemli olduğuna göre hedefle aranızdaki mesafeyi nasıl ölçeceksiniz? Ne yazık GPS gibi bir sistemi kullanamazsınız çünkü kendi koordinatlarınızı bilseniz dahi, hedefin koordinatlarını bilmiyorsunuz. Tek başına GPS kullanarak veya "kilometre sıfırlayarak" hedefin uzaklığını ölçmenin tek yolu, hedefin yanına kadar gitmenizdir. Düşman tanklarının da buna izin verdikleri pek sık görülmez. En geleneksel yöntem, etrafta görülen önemli coğrafi noktaların eldeki harita ile eşleştirilmesi, kerterizler ve pusula aracılığı ile hedefin koordinatlarının belirlenmesi, böylece mesafenin bulunması ilkesine dayanır. Ancak bu, hem hata payı yüksek bir ölçümdür, hem de gece karanlığında, ateş altındayken veya hedef ya da kendimiz hareket ederken kolayca yapılabilen bir şey değildir.

Bir askerin işine en çok yarayacak şey, gece veya gündüz fark etmeden, elinde iyi bir harita olsun olmasın, kendisi veya hedef hareket ederken gördüğü hedefin kendisine olan mesafesini anında ve büyük kesinlikle söyleyebilen bir cihazdır. Şimdilerde tamamen kendi tasarımımız olan ve Türkiye'de ürettiğimiz lazer cihazlarıyla bunu başarabiliyoruz. 20 kilometre uzaklıktaki bir hedefin mesafesini 5 metre hata payıyla, yani 10 binde 2,5'dan daha küçük bir hata payıyla, çabucak ölçebiliyoruz. Bunu o kadar hızlı bir şekilde yapabiliyoruz ki, bırakın tankı, süratle giden bir savaş uçağının mesafesini sürekli ölçerek rotasını çıkarıp, bunu füze sistemlerine aktararak mükemmel atışlar yapabiliyoruz.

Peki bir lazer mesafe ölçme cihazı bu işi nasıl başarıyor?

İşin temelinde lazer ışınının çok ama çok yüksek bir "yönlülüğe" sahip olması yatıyor. Her ne kadar bir "ışın" deyince biz ince uzun bir çubuk anlasak ve temel optik derslerinde paralel giden ışık çizgeleri çizmeyi kanıksamış olsak da aslında ışık, (ve diğer tüm elektromanyetik dalgalar) açılarak ve genişleyerek giden bir dalga gibi davranıyor. Işık, kaynaktan uzaklaştıkça genişliyor, genişledikçe birim alana düşen gücü azalıyor. Hemen bir örnek verelim: Sigara yasağıyla popüler olan "ışıkla ısıtan" kızılaltı ısıtıcılardan sanırım hepimiz haberdarız. Bu ısıtıcı lambalar ısıyı bize, kızılaltı dalga boylarındaki elektromanyetik dalgalar olarak gönderirler. 780 nanometre civarından başlayan bu dalgaların bir kısmını biz kırmızı ışık olarak görürüz. Kırmızıdan daha düşük frekanslı (yani "kızılaltı") elektromanyetik dalgaları insan gözü göremez ama bunları yine de derimiz emer ve biz de bu dalgaların enerjisini alarak ısınırız. Eğer bu lambalara yakın durursanız yüzünüzün çok ama çok ısındığını hissedersiniz. Yani, bulunduğunuz yerde yüzünün alanına düşen elektromanyetik dalga gücü fazladır. Ancak kaynaktan uzaklaşırsanız gide-

Herhangi bir elektromanyetik dalga kaynağı ile bir lazer cihazının kıyaslanması.



(a) Herhangi bir elektromanyetik dalga kaynağı



(b) Bir lazer cihazı

Lazerde "uyarılmış salım" sayesinde elde edilen fotonların oluşturduğu elektromanyetik dalgalar çok az açıldıkları için çok uzak mesafelere büyük güç yeğinliği ulaştırabilirler. Lazer ışınları, "uzamsal eş evrelilik" adını verdiğimiz olay nedeniyle, doğada var olabilen en yüksek "yönlülüğe" sahiptirler.



Dr. Kuthan Yelen, 1999 yılında ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1999-2004 yılları arasında İngiltere Southampton Üniversitesi'nde lazerler üzerine lisansüstü ve doktora çalışmaları yaptı. SPI Lasers (İngiltere) firmasında uzman bilim adamı olarak fiber lazerler üzerine çalıştı. Ardından Aselsan A.Ş.'nin Lazer Sistemleri Tasarım Müdürlüğü birimine katılan Dr. Yelen, halen burada yeni lazer cihazlarının araştırılması ve tasarlanması çalışmalarını yürütmektedir.

rek daha düşük bir gücün yüzünüze ulaştığını kolayca hissedersiniz. Yani, kızılaltı ışınlar bir balon gibi açılmakta ve genişlemektedir, ancak sizin alanınız sabit kaldığı için üstünüze düşen güç azalmaktadır.

Sıradan elektromanyetik dalgalardan farklı olarak lazer ışınları "uzamsal eş evrelilik" adını verdiğimiz ve elinizdeki derginin diğer metinlerinde detaylı bir şekilde anlatılan olay nedeniyle, doğada var olabilen en yüksek "yönlülüğe" sahiptirler. Bir başka deyişle, lazer ışınları da bir miktar açılmakla beraber, paralel giden çubuklara en yakın şeyi oluştururlar. Böylesine bir ışın demetini elde etmenin tek yolu lazer cihazın içerisinde gerçekleşen "uyarılı salım"dan faydalanmaktır.

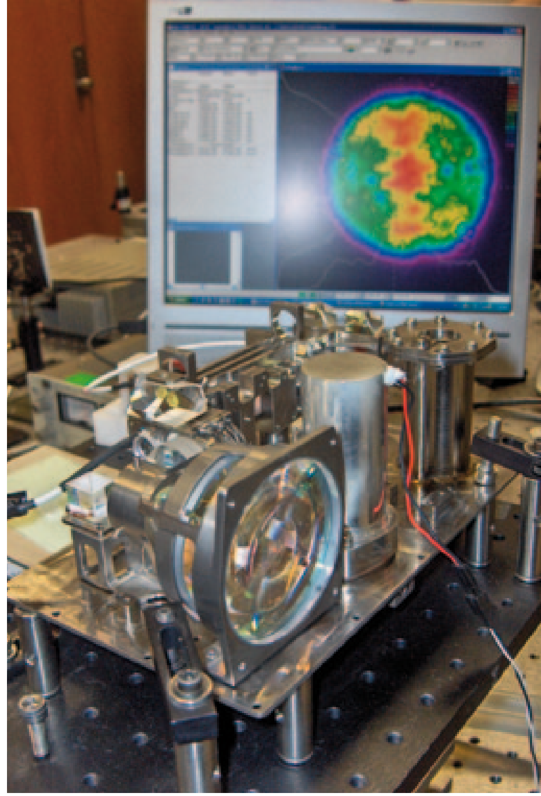
Doğanın verdiği bu temel özelliği akıllıca bir mühendislik yaklaşımıyla kullanarak ortaya çok güzel bir mesafe ölçme yöntemi çıkarıyoruz. "Uçuş zamanı" adı verilen bu yöntem şu şekilde çalışıyor. Lazerden kısa süreli ancak çok güçlü bir ışın çıkartıyoruz. Buna bir ışın darbesi diyoruz. Işın darbesi çıkar çıkmaz da saatimizi çalıştırmaya başlıyoruz. Lazer ışını pek açılmadan gittiği için çok uzak mesafelere kadar yüksek bir güç yeğinliği taşıyabiliyor. Işın hedefe düştüğü zaman her yöne saçılmaya başlıyor. Bu saçılan ışınların bir kısmı tekrar bize ulaşıyor. Saçılan bir ışın bize döndüğü an saatimizi durdurup, ışının bizden çıkıp hedefe gitmesi ve sonra geri gelmesi için geçen süreyi okuyoruz. İşte bu kadar! Işığın hızını bildiğimize göre hedef ile aramızdaki mesafeyi derhal (mesafe = geçen süre x ışık hızı / 2) bulabiliyoruz.

Sınırlarda Tasarım ve Üretim Yapmak

Ana fikir son derece basit olmakla beraber bu tür cihazların askeri şartlar altında her daim çalışabilir olmasını sağlamak, iyi bir ekibin yıllarca sıkı bir şekilde çalışmasını gerektiriyor. Bunun sebebini anlamak için biraz rakamlara bakmak gerekiyor: Lazer ışını her ne kadar az açılarak gidiyor olsa da, hedefte saçıldıktan sonra her yöne dağılmaya başlıyor. Bu da geri gelen ışık gücünün düşük olmasına ve tespit edilmesinde zorluk yaşanmasına sebep oluyor. Bir de atmosferde bulunan su buharı ve toz gibi maddeler ışını emiyor ve güç iyice düşüyor. Bu nedenle lazer ışını darbemizi çok güçlü üretmek istiyoruz. Gönderdiğimiz bir ışının gücünün 6–7 megawatt (milyon x watt) olması, tasarladığımız cihazlar için son derece sıradan bir şey. Bu güç değeri, elektrik üreten küçük ölçekli bir rüzgâr santraline denk bir değer demek. Ancak, bu ışının çok kısa sürmesi gerekiyor çünkü mesafeyi, geçen süreyi ölçerek buluyoruz Eğer ışın darbesinin kendisi uzun sürerse ölçümdeki belirsizlik artıyor. Öyle ki, ışının saniyede yaklaşık 300 bin kilometre yol aldığı göz önünde tutulursa, mesafedeki hatanın 5 metrenin altında olabilmesi için ışın darbesinin süresinin 15 nanosaniye (1 nanosaniye, saniyenin milyarda biri demektir) civarında olması gerekir. Bu tür darbeleri elde edebilmek için enerjiyi bir kristal üzerinde depoluyoruz ve sonra "Q-anahtarlama" adı verilen bir yöntem ile çok kısa bir süre "deponun kapaklarını" açarak enerjinin dışarı çıkmasını sağlıyoruz. Bu kapakları açıp kapayabilmek için kimi kristallerin elektrik ile değişen optik özelliklerinden faydalanıyoruz. Bundan faydalanabilmek için ise yine yalnızca birkaç nanosaniyede kristal üzerindeki elektriksel gerilimi binlerce volt değiştirmemiz gerekiyor. Elektrik ve elektronik konularına ilgi duyan okuyucular, kısa sürede büyük değişiklikler gösteren elektriksel gerilimlerin etrafa güçlü parazit elektromanyetik dalga yaymak demek olduğunu hemen hatırlayacaklardır. Bu tür parazit dalgalar cihazın içerisinde veya komşu cihazlarda bulunan diğer elektronik bileşenleri kelimenin tam anlamıyla "çıldırtabiliyor". Tasarımlarda böylesi problemleri de çözmek gerekiyor.

Bu özel sayının diğer makalelerinde çok detaylı bir şekilde okuduğunuz üzere lazerleri oluşturmak için bazı temel elemanların uygun şekilde bir araya getirilmesi gerekiyor. Bu temel elemanlar arasında kazanç kaynağı olan kristaller, ışınları hatasız bir şekilde gerisin geri gönderebilen yansıtıcılar, elektriksel olarak kontrol edilebilen kristaller, ışını şekillendirmek ve yönünü değiştirmek için kullanılan cam temelli prizmalar ve mercekler gibi bileşenler bulunuyor. Tüm bu parçaların fiziksel olarak bir araya getirilerek birbirlerine göre hatasız şekilde konumlandırılmaları, makine mühendisleri için sıra dışı bir problem olarak ortaya çıkıyor. Bir metre uzunluğunda bir ışın yoluna sahip bir lazerin, doğru bir şekilde çalışabilmesi için bileşenlerin hizalanmalarındaki hassasiyetin birkaç yüz mikrometreden daha iyi olması gerekiyor. Aksi takdirde kovuk içerisinde defalarca gidip gelen ışın, giderek bu ışın yolundan sapıyor ve lazer kolayca çalışmaz hale geliyor. Bu tür ayarlamaları özel optik masaların bulunduğu laboratuvarlarda bile yapmak çok kolay değilken, düzeneği elde taşınabilir bir hacim içerisine sokmak epey bir alın teri gerektiriyor. Üstelik askeri uygulamalarda görülen sıcaklık değişiklikleri ilave bir sürü problem





İlker Şahin, Aselsan Lazer Laboratuarları

Cihaz tasarım ve üretimi aşamaları: Laboratuvarın karmaşasından, derli toplu cihazlara

getiriyor. Örneğin herhangi bir askeri cihazın -32 ila +55 derece sıcaklık arasında hatasız çalışması istenir. Bu iki sıcaklık arasında 80 dereceden fazla bir fark vardır. Optik bileşenlerin ve bunları tutan metal aksamın sıcaklıkla genleşip büzülmeleri çok iyi hesaba katılmazsa lazerin çalışmaması işten bile değildir. Bütün bunlara ek olarak hemen hemen tüm bileşenlerin optik özellikleri sıcaklıkla değişir. Bu da her sıcaklık durumunda farklı bir ışının oluşabileceği anlamına gelir. Lazer kovuğunun çalışırken bir yandan kendisini de ısıttığı göz önüne alınınca, askeri çevre koşulları altında her daim çalışabilecek şekilde bir ısı kontrolü çözümü geliştirmek, dünyada benzeri sayılı olan bir mühendislik çalışmasını gerektiriyor. Üstüne üstlük tüm bu fotonik, elektronik, mekanik ve ısıl sistemlerin askeri uygulamalarda kullanılabilmesi için çok küçük bir hacim içerisinde, en düşük ağırlıkta ve çarpmalara, düşmelere, ani sıcaklık ve basınç değişikliklerine dayanacak sağlamlıkta bir araya getirilmesi gerekiyor.

Bir süredir Türkiye, teknolojinin sınırlarının zorlandığı bu tür problemleri çözerek kendi lazer kovuklarını, mekanik ve ısıl sistemlerini tasarlayıp bunları kendi tasarımı elektronikler ve özgün yazılımlar ile bir araya getiriyor ve dünyanın en niteliklilerinden sayılan lazer cihazlarını üretebiliyor.

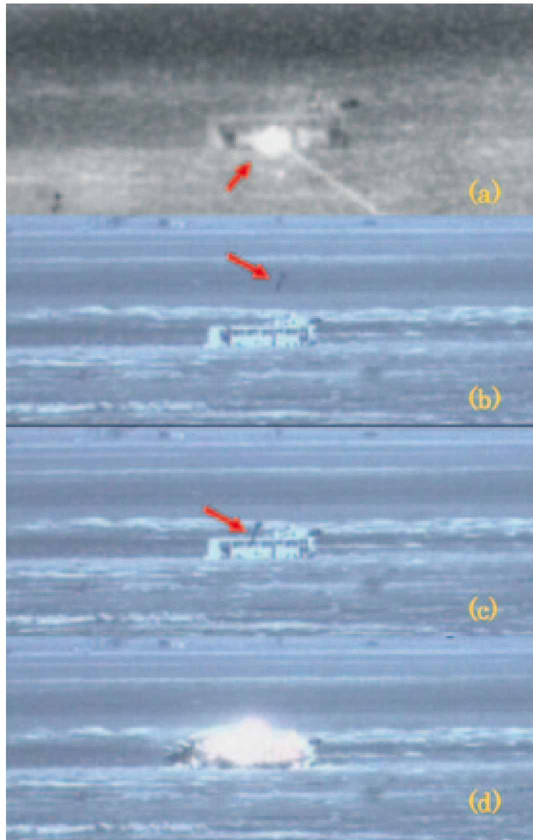
Hedefi Göstermek

Bir hedefin yerini diğer birimlere veya bir mühimmata göstererek nokta atışı yapılmasını sağlamak, lazerlerin diğer bir askeri kullanım şeklini oluşturuyor. Eğer hedefin yeri diğer askerlere, gece görüş gözlükleri gibi yardımcı optik düzenekler kullanarak görebilecekleri şekilde gösteriliyorsa buna “lazer ile aydınlatma” diyoruz. Bu uygulama, günlük hayatta bizlerin ders anlatırken veya sunum yaparken bir “lazer pointer” kullanmamıza çok benziyor. Lazerin oluşturduğu benekten faydalanarak dinleyicilerin dikkatini bir noktaya çekebiliyoruz. Benzer şekilde, ama elbette çok daha uzak mesafelerden ve çok daha yüksek güçlerle ve çıplak gözle görülmeyecek biçimde ışın oluşturan bu tür cihazlarımızı kullanan askerlerimiz çok uzak mesafelerden hedefleri uçaklara, helikopterlere veya diğer birliklere gösterebiliyorlar.

Eğer lazeri hedefin yerini bir mühimmata göstermek için kullanıyorsak buna “lazer ile işaretleme” adını veriyoruz. Bu uygulamada, kabaca doğru bölgeye doğru atılmış olan bir bomba veya füze, hedeften saçılan lazer ışınlarını algılayıcıları sayesinde görerek, bu saçılmaların kaynağına doğru gitmek için manevralar yapıyor yani “güdülüyor”. Bu tür mühimmatlara da genel olarak “lazer güdümlü mühimmat” (LGB) adını veriyoruz. La-

zerin bu uygulamasının bir orduya sağlayacağı üstünlüğü yine bir senaryoyla beraberce düşünelim:

Düşman askerleri, cephanelerinin yerini bir grup bina arasında sürekli değiştirmektedir. Bu cephaneliklerden birini imha edebilmek için büyük bir bomba kullanmanız gerekmektedir. Bu bombayı atabilecek olan uçağınızı hedefe en fazla 10 kilometre yaklaştırabilmektesiniz. Daha fazla yaklaşırsanız uçağınızın güvenliği tehlikeye düşmektedir. Ayrıca bu büyük bombalardan her birinin ülkenize maliyeti birkaç yüz bin TL'dir. Tüm bunlara ek olarak imha etmeyi planladığınız binalar, sivil binaların arasındadır. Şimdi sorun şudur: 10 kilometre mesafeden, yüzlerce bina içerisinden birini kısa bir süre içerisinde nasıl hedefler ve bombanın kesin suretle bu binaya düşmesini sağlarsınız? Eğer bir hata yaparsanız bunun sonuçları sivil kayıplar, başarısız bir askeri operasyon ve ülkenize çok yüksek maliyet olacaktır. Lazer böyle bir senaryoda büyük bir üstünlük verir. Gizlice operasyon bölgesine sızmış bir özel kuvvetler timi, kilometrelerce uzaktan hedef binayı lazer ile işaretleyebilir. Ya da bombayı taşıyan uçak veya bir insansız hava aracı tehdit sınırının çok dışından güçlü görüş sistemleri ile hedefi görüp lazerlerini bu hedefe yöneltebilirler. Hedefin lazer ile işaretlenmesi ve güdümlü bombanın o bölgeye gönderilmesinden sonra yapılan tek şey bombanın kendi kendine manevra yaparak işaretlenen yere düşmesini beklemektir. Ayrıca, böyle bir sistem kullanıyorsanız hedefinizin yer değiştirmesi önemli değildir çünkü siz de hedef hareket ettikçe lazerinizi hedef üzerinde kalacak şekilde hareket ettirebilirsiniz. Bu da hızla hareket eden bir kamyonu kilometrelerce öteden hedefi hiç görmeden atılmış bir füzeyle, hedefi gören bir yerden lazer aracılığıyla yönlendirerek vurabileceğiniz anlamına gelir.



Hedefin 'Aselsan Engerek' cihazı ile işaretlenişi. Kızılaltı özel bir kamera ile lazer beneği hedef üzerinde görülüyor (a). Bu beneğe doğru manevralar yapan bomba (b) ve (c), hedefi tam 12 den vuruyor (d).

Bu gerçekçi örnekler, çok ama çok hassas bir hedef belirleme ve hedefe yönelme sisteminin ne denli değerli olduğunu göstermektedir. Olağanüstü yüksek isabet gücü veren lazer teknolojisi, sağlayacağı üstünlük nedeniyle kritik bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Bu teknolojiye sahip az sayıda ülke, bu becerinin yayılmasını doğal olarak engellemeye çalışmaktadırlar.

Aselsan artık bu tür lazer sistemlerini sıfırdan tamamen kendisi tasarlama becerisine ulaşmış böylece uluslararası alanda ülkemizin elini önemli şekilde güçlendirmiştir.

Özel kuvvetlerimizi, tank ve topçu birliklerimizi, gemilerimizi, helikopter ve uçaklarımızı kendi tasarım ve üretimimiz olan lazer cihazları ile donatabilecek bir teknolojik olgunluğa ulaştık. Ufukta, yukarıda bahsettiğimiz geleneksel lazer uygulamalarının ötesine geçerek bambaşka lazer teknolojilerini ülkemizde yaratmak var. Bunlara aşağıda değineceğiz.

Temel Teknolojiler, Gelecek ve Ulusal Çabalar

Askeri uygulamalarda kullanılan temel lazer türü neodyum katkılı (Nd) yttrium aluminyum garnet (YAG) kristali kullanan katıhal lazerleridir. Sıklıkla Q-anahtarlanarak kullanılan bu lazerler bir flaş lambası veya yarı-iletken lazerler aracılığı ile pompalanırlar. Aselsan'ın da araştırma ve geliştirme çalışmaları ile üretim becerileri bu teknolojiler etrafında odaklanmıştır.

Her ne kadar ağırlıklı olarak yukarıda adı geçen teknolojiler üzerinde çalışsak da, gelecekteki lazer sistemlerine ve uygulamalarına hazırlanabilmek için ufkumuzu ytterbiyum (Yb) ve erbiyum (Er) katkılı kristaller ve camlar gibi yeni kazanç ortamlarına, uzak kızılaltı dalgaboylarına (3 mikrometre ve daha uzun dalgaboylarına) ve 'yüksek ortalama güçlü' lazere doğru genişletiyoruz.

Geleceğin uygulamaları arasında özellikle bahsetmemiz gereken biri, yazının başında da söz ver-

diğim gibi, yüksek güçlü lazerler kullanarak uzak mesafelerden bir şeyleri yakmak veya patlatmak amacı güden sistemler. Bu tür ışın silahlarına dair "kurgular", lazerin keşfinden çok daha eskilere, ta 1926 yılında yayınlanan Alexei Tolstoy'un *Garin'in Ölüm Işını* adlı kitabına kadar uzanıyor. Ancak bu hayallerin kurgudan çıkıp biraz daha "bilim" başlığı altında değerlendirilmeye başlaması, 1983 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin o zamanki başkanı olan eski Hollywood yıldızı Ronald Reagan'ın girişimiyle oluyor. Bu "ilginç" girişimin ilginç de bir hikâyesi var: Maser ve lazerin öncüsü Charles Townes'un anılarını öyküleştirdiği kitaptan öğrendiğimize göre Ronald Reagan bir gün Genel Kurmay'ı ziyaret etmeye karar veriyor. Generaller de bu ziyaret esnasında Başkan'ı bilgilendirmek amacıyla, mükemmel bir savunma sisteminden beklentiler nelerdir, ütopik bir savunma sistemi nasıl olur şeklinde felsefi bir sunum hazırlıyorlar. Soğuk savaşın yaşandığı o dönemde Başkan, belki de Hollywood geçmişinin etkisiyle, nükleer füzelerin daha Sovyetler Birliği topraklarını terk etmeden uzaydan vurulmasını hayal eden bu ütopyaya hayran kalıp, bunu kendisine bir sabit fikir haline getiriyor ve halk arasında "Yıldız Savaşları Projesi" adıyla bilinen "Stratejik Savunma Teşebbüsü"nü başlatıyor.

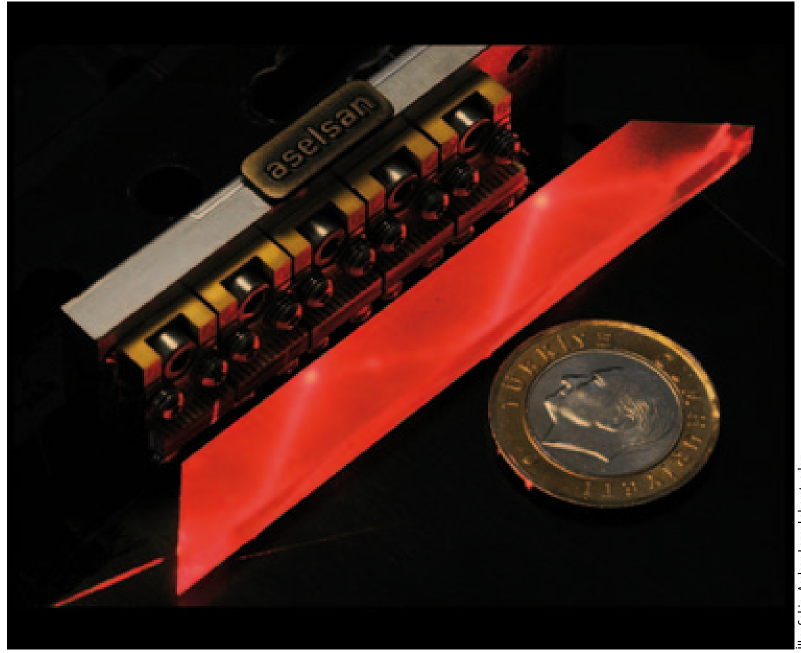
Bu tür projelerin şu temel problemleri var: Birincisi uzaya bir oda büyüklüğünde bir lazer ile bunu besleyecek tonlarca ağırlıkta enerji kaynağı çıkarmak zaten başlı başına devasa bir mühendislik problemi. İkincisi çok uzaklardaki bir hedefe lazeri odaklayabilmek için atmosferin sürekli değişen optik özelliklerinin anlık olarak takip edilmesi ve hedefe kadar olan yol boyunca lazer ışınının maruz kalacağı bozulmalar önceden hesaba katılarak lazerin yine anlık olarak adaptif bir biçimde şekillendirilmesi ve bunun çok ama çok süratli yapılması gerekiyor. Elbette bir de sesten hızlı hareket eden birden fazla füzenin aynı anda takip edilmesi ve lazerin bunlara arka arkaya yönlenebilmesi gerekiyor. Eğer bir de bu füzeler yeterince yansıtıcı bir yüzey ile kaplıysalar lazer ışını bunlara hiç bir şey yapamıyor. Hâl böyle olunca, Yıldız Savaşları Projesi bir süre sonra rafa kalkmasa da hedefleri çok daha küçültülerek sürdürülüyor.

Geçen otuz yılın ve harcanan yüz milyonlarca doların ardından, hedefleri çok daha mütevazi olacak şekilde değiştirilmiş olan bu program 2010 yılında hâlâ tam olarak işlevsel değil. Bu projenin şu an geldiği noktada Birleşik Devletler, yalnızca birkaç atış yapabilen devasa bir kimyasal lazeri ve yardımcı sistemleri iki katlı bir jumbo jete yükleyip uçuruyor. Bu sistem yerde kısmen denenmiş olmasına rağmen henüz havada gerçek bir atış yapabilmiş değil. Bu denemelerin önümüzdeki birkaç yılda yapılacağı ön görülüyor.

Bununla beraber, "yönlendirilmiş enerji" silahları adı verilen bu tür sistemlerin daha gerçekçi uygulamalarda kullanılma olasılığı kuvvetlidir. Daha yakın mesafelerden füze veya havan mermileri gibi cisimlerin gövdeleri üzerinde lazer aracılığı ile hasar oluşturmak, böylece bunların patlamalarını ya da en azından uçuş rotalarından sapmalarını sağlamak mümkün olabilir. Bir başka olasılık da yine yüksek güçlü lazerler kullanarak güdümlü mühimmatın algılayıcılarında hasar oluşturmak veya bu elektronik birimleri şaşırtmaktır.

Lazerlerin bu yeni tür askeri uygulamaları üzerine araştırma geliştirme çalışmaları yürütmek ise sadece yoğun bir bilimsel ve mühendislik çabasını değil ama aynı zamanda cesur bir siyasi ve yönetimsel kararlılık, belki de bir ulusal hedef gerektiriyor. Bilginin ve teknolojinin ulusal olarak kazanılması, geliştirilmesi ve üretilmesi gerekmektedir. Eğer bu yolda ilerleyeceksek fotonik ve malzeme bilimlerinde çok somut adımları hızlıca atmalı ve derhal baş döndürücü bir ivme yakalamalıyız. Geniş katılımlarla, temel ve uygulamalı araştırmalar yürütmeli, diyotlar ve optik bileşenler gibi altyapı teknolojilerini geliştirmeli ve bir fotonik sanayisi kurmalıyız.

Kaynak: Townes, C.H., *Laserin Hikâyesi, Bir Bilimcinin Maceraları,* Çeviri: Kuthan Yelen, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 2010



İlker Şahin, Aselsan Lazer Laboratuarları

Aselsan diyot pompalı Nd:YAG fotoğrafında laboratuvarlarımızda sıklıkla kullandığımız üç farklı tür lazerin (katıhal, yarı-iletken ve gaz lazerleri) kimi öğeleri beraberce görülüyor. Öndeki kristal "dilim" şekilli bir Nd:YAG kristalidir ve 1064 nm dalga boyunda ışın üreten katıhal lazerindeki kazanç ortamını oluşturur. Kristalin arkasında dik konumda yarı-iletken teknolojisi ile üretilmiş beş adet lazer diyot dizini görülmektedir. 808 nm dalgaboyunda ışın üreten bu diyot lazerler, öndeki kristale enerji veren pompa görevini görmektedirler. Kristalin içerisinden fotoğrafta görülmeyen bir helyum-neon lazerinden gelen kırmızı bir ışın zig zaglar yaparak geçmektedir. Bu kırmızı ışın, katıhal lazerinin yine fotoğrafta görülmeyen yansıtıcılarını, kristalle doğru bir şekilde hizalamak amacıyla kullanılmaktadır. Madeni 1 TL, parçaların büyüklüğü hakkında fikir vermesi için konmuştur.

Murat Gülsoy

Lazerlerin Tıptaki Uygulamaları

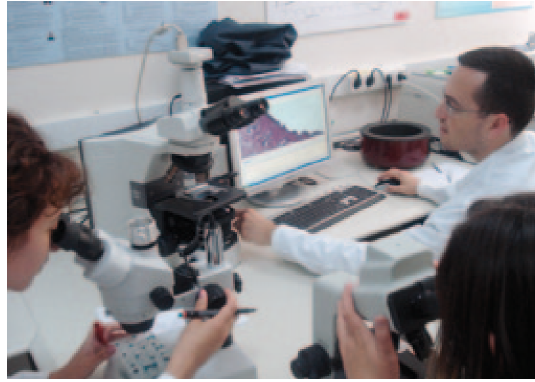
>>>

Lazerler ilk üretildikleri zamanlardan başlayarak tıbbın hemen her alanında kendine çok özgün uygulama alanları bulmuş ışık kaynaklarıdır. Bu uygulama alanlarının zenginliği ve önemi lazerlerin kendine has özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Tek renkli, güçlü ve dağılmadan uzun mesafelere taşınabilen ışınlar olması lazerlerin ilk akla gelen özellikleridir. Gerçekten de lazerler diğer bildiğimiz doğal ya da yapay ışık kaynaklarından farklı olarak bir ya da birkaç dalgaboyunda ışıma yaparlar. Lazerler, oluşum sürecinin bir sonucu olarak zamansal ve uzaysal açıdan uyumlu dalgalar üretirler. Bu nedenle oluşan lazer ışığı son derece parlak ve etkilidir. Ayrıca lazerin tasarımından kaynaklanan nedenlerden ötürü birçok lazer tipi, optik eksenden sapmadan uzun mesafeler kat edebilir. Tüm bu özellikler lazerlerin tıpta yaygın bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur. Tabii bir başka özelliği daha eklememiz gerekir; o da optik liflerle taşınabilir oluşlarıdır. Bu da büyük cerrahi girişimlere gerek olmaksızın vücut içerisinde operasyon yapmayı olanaklı hale getirir.

Bu yazıda önce genel olarak lazerlerin tıptaki uygulamalarından söz edilecek, ardından da Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü'ndeki Biyofotonik Tıbbi Lazerler Laboratuvarı'ndaki çalışmalardan örnekler verilecektir.



Lazerlerin dokular üzerindeki etkileri hem deneysel olarak hem de hesaplamalı modeller yardımıyla araştırılmaktadır.



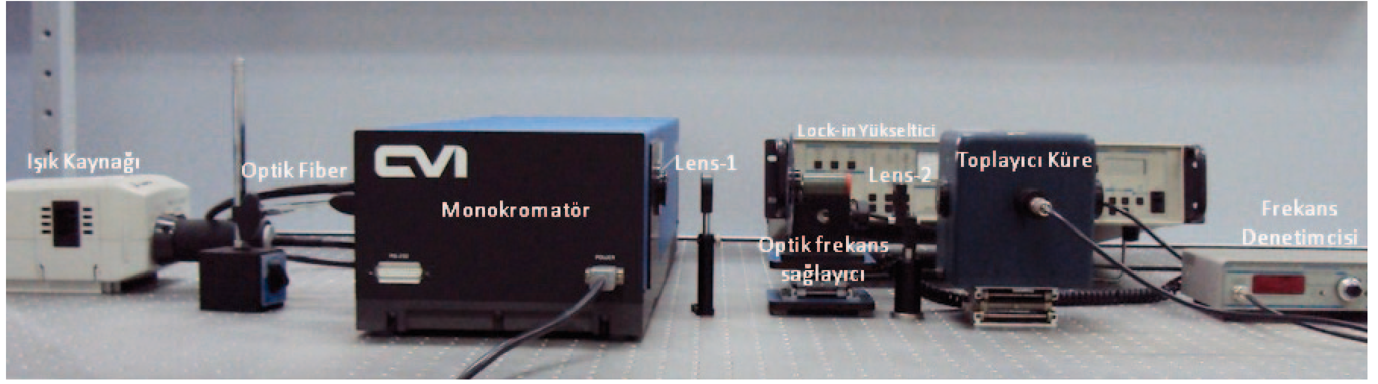
Tıbbi Lazerler Laboratuvarı'nda Fizik, Biyoloji, Mühendislik ve Tıp kökenli araştırmacılar beraber çalışmaktadır. Disiplinlerarası yaklaşım yeni bakış açılarının bulunmasında çok önemli rol oynar.



Laboratuvarda geliştirilen lazer sistemleri önce ölü dokular üzerinde denenmektedir.

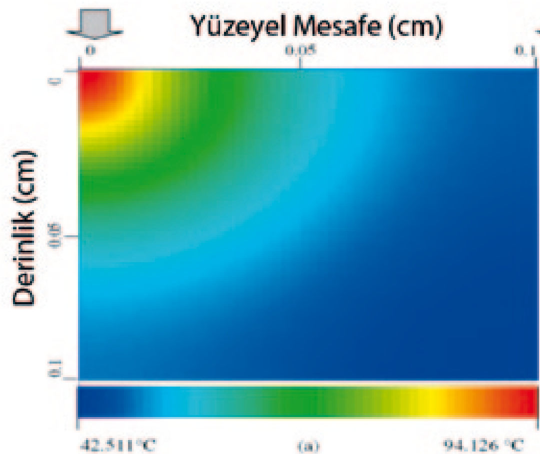
Lazerler ışık kaynaklarıdır ve uygulandıkları dokularla farklı şekillerde etkileşimde bulunurlar. Ortaya çıkacak olan etkiler ve etkileşim biçimi lazerin dalgaboyu, gücü, uygulanma süresi, hedef dokuya aktarılma şekli, uygulandığı dokunun optik özellikleri gibi birçok etmene bağlıdır. Lazerlerin dokular üzerinde yarattıkları etkiler foto-kimyasal, foto-termal, foto-ablatif veya foto-mekanik gibi başlıklar altında toplanabilir.

Foto-kimyasal etkiler, lazer ışığının hedef dokuda bulunan ya da sonradan eklenen kimi moleküllerle etkileşime girmesi sonucunda oluşan kimyasal değişimlerdir. En önemli örneği fotodinamik tedavidir. Hedef dokuda birikmesi sağlanan ışığa duyarlı bir kimyasal maddenin lazer ışığıyla bir araya gelmesi sonucunda bu madde toksik hale gelir ve çevresindeki hücreleri öldürebilir. Kanserli hücrelerin tedavisinde kullanıldığı gibi ilaçlara direnç geliştirmiş kimi bakterilerin yok edilmesinde de kullanılabilir. Lazerlerin oluşturduğu kimyasal etkiye bir başka örnek biyostimülasyondur. Düşük güçte uygulanan kimi lazer dalgaboylarının dokular üzerinde bazı fizyolojik değişimler yarattığı varsayımına dayanır. Lazer ışığının hücre zarında veya mitokondrilerde bulunan kimi ışığa duyarlı maddeler tarafından emildiği düşünülmektedir. Bu alanda çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen, çalışmalar altta yatan temel mekanizmayı açıklamaktan uzak olduğu için çok tartışmalı bir alandır.



Dokuların optik özelliklerini ölçmek için tasarlanmış bir düzenek.

Foto-termal etki, hedef dokunun sıcaklığını artırmak yoluyla elde edilir. Lazer enerjisinin aktarıldığı dokunun bu enerjiyi soğurması sonucunda doku içersinde bir ısı kaynağı oluşur. Bu ısı dokunun sıcaklığını artırarak önce kimi metabolik işlevlerin durmasına, ardından proteinlerin bozunmasına ve 100 ^{0}C gibi sıcaklıklara varıldığında dokuların su içeriğinin buharlaşmasına ve daha yüksek sıcaklıklarda ise dokunun kömürleşmesine, hatta erimesine neden olur. Lazerlerin foto-termal etkileri tıpta çok yaygın bir şekilde kullanılır. Özellikle cerrahi uygulamalarda, hedeflenen dokunun kontrollü bir şekilde ortadan kaldırılması gerektiğinde kimi zaman rakipsiz bir teknoloji haline gelirler. Örneğin, retina üzerinde gerçekleştirilmesi gereken çok küçük koagülasyon (dokunun 60 ^{0}C civarında bir sıcaklıkta pişirilmesi, kanın pıhtılaştırılması) noktaları ancak lazerler yardımıyla yapılabilir. Şeker hastalarında görülen retinadaki kan damarı hastalıklarının tedavisinde kullanılan bu yöntem lazerler olmaksızın gerçekleştirilemez ve hasta göz, görme işlevini yitirir. Lazerlerin foto-termal etkisi tümörlü dokuların yok edilmesinden dövmelerin çıkarılmasına, ameliyat kesilerinin yapıştırılmasından plastik cerrahide dokuların soyulmasına kadar çok değişik alanlarda kendine uygulama alanı bulmuştur.



Lazer ışığının etkisiyle dokuda oluşan sıcaklık değişiminin Monte-Carlo benzetim modeli kullanılarak hesaplanması.

Lazerlerin bir başka etkisi de *foto-ablasyon* denilen, foton enerjisinin doğrudan doğruya hedef dokuyu oluşturan moleküllerin organik bağları tarafından emilmesi yoluyla onları kırıp daha küçük moleküllere ayıran etkisidir. Bu etki sayesinde çevresine sıcaklığa bağlı bir zarar vermeden hedeflenen dokudan çok küçük miktarlarda yok etme işlemi yapılabilmektedir. Görme kusurlarının düzeltilmesinde yaygın olarak kullanılan lazerler bu etkiden yararlanmaktadırlar. Göz küresinin önünü kaplayan saydam kornea tabakasının içinden belirli miktarda dokunun lazer uygulaması ile yok edilmesi yoluyla görme kusurları düzeltilir. Çok kısa bir süre içinde gerçekleştirilen bu operasyonların çok dikkatle yapılması gerekmektedir. Ne yazık ki ülkemizde bu tip cerrahi girişimler fazla denetime tabii olmadan, özellikle kozmetik amaçla çok sayıda uygulanmaktadır. Oysa gözlük, kontakt lens gibi gereçlerle düzeltilebilecek bu tür kusurlar için ciddi bir tıbbi girişimde bulunulması etik olarak sorunludur. Ancak çok ileri görme kusurlarının giderilmesinde kullanılması gereken bu uygulama günümüzde son derece yaygın hale gelmiştir. Lazerler, çok kısa yüksek enerjili darbeler şeklinde uygulandığında hedef dokularda mekanik etkiler de yaratırlar. Bu etkilerin uygulama alanları böbrek taşlarının kırılması veya dişlerde çürüklerin temizlenmesi ve dişlerin delinmesi gibi özellikle sert dokularda bulunmaktadır.

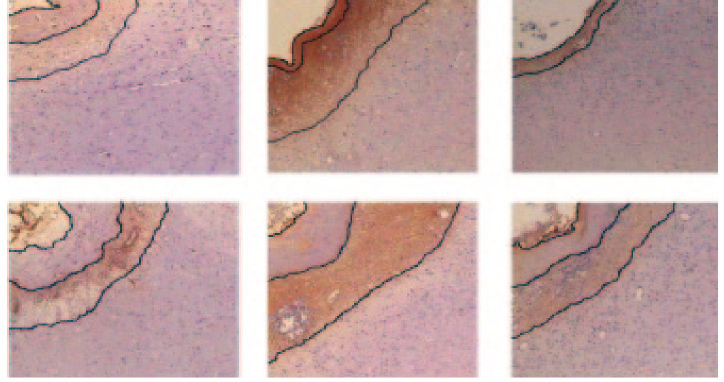
Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü'nde 2003 yılında ışığın ve özellikle lazerlerin tıptaki uygulamalarını araştırmak amacıyla bir Biyofotonik Laboratuvarı kurulmuştur. 2009 yılında Enstitü'nün Kandilli Kampüsü'ndeki yeni binasına taşınmasıyla Biyofotonik grubu üç laboratuvara ayrılarak genişlemiştir. Bunlar Nöro-Optik Görüntüleme, Tıbbi Lazerler ve Doku Laboratuvarları'dır.

Tıbbi Lazerler Laboratuvarı'nda lazerlerin tıptaki yeni uygulama alanları ve dokular üzerindeki etkileri araştırılmaktadır. Bu çalışmaların başında dokuların optik özelliklerinin ölçülmesi gelmektedir.

>>>



Stereotaksik cerrahi girişimi

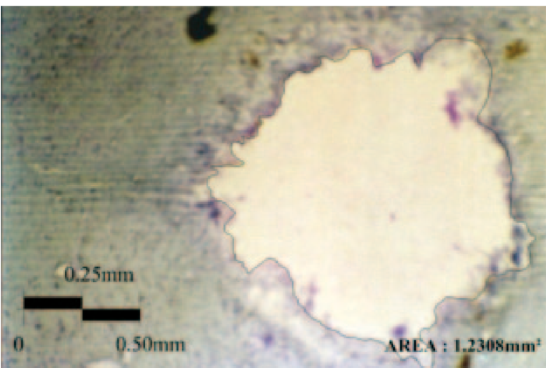


Bu fotoğraflarda beyin dokusunun lazer (üstteki dizi) ve elektriksel akım (alttaki dizi) uygulaması sonrasındaki çevre dokularda gerçekleşen iyileşme süreci 4, 7 ve 14 gün boyunca izlenmiştir. Lazer grupları çok daha çabuk iyileşmiştir.

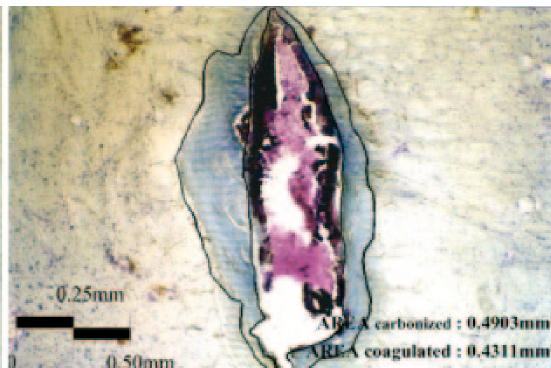
Dokuların Optik Özelliklerinin Ölçülmesi: Lazer ışınları bir dokuya gönderildiğinde yansıma, kırılma, soğurulma, saçılma gibi optik olaylar, söz konusu dokunun optik özelliklerine bağlı olarak gerçekleşir. Örneğin kırmızı veya yakın kızılaltı dalgaboyundaki lazerler biyolojik dokuları oluşturan ana madde su tarafından iyi soğurulmadığı için orta ve uzak kızılaltı bölgede ışıyan lazerlere göre çok daha derinlere nüfuz ederler. Yapmak istediğimiz uygulamaya göre kullanacağımız dalgaboyunu belirlememiz gerekir. Bu yüzden dokuların optik özelliklerinin ölçümü çok önemlidir. Çünkü eğer dokuların soğurma, saçma özelliklerini bilirsek, lazer ışınlarının doku içerisinde nasıl yayılacağını önceden kestirmemiz mümkün olur. Laboratuvarda optik özelliklerin tespiti için kurulmuş olan ölçüm düzeneği bir monokromatör, ışık detektörü, faz kilitlenmeli sinyal yükselticisi, ışık bölücüsü ve ışık toplayıcı küreden oluşmaktadır. Optik özellikleri tespit edilecek olan doku örneği önce homojen hale getirilir ve ardından bir slaydın üzerine yerleştirilir. Belirli bir kalınlıkta olması gereken bu örnek, ışık toplayıcı kürenin ön penceresine konulur ve monokromatörden çıkan ışığın örneğin içinden geçerek toplayıcı küre tarafından toplanması sağlanır. Toplayıcı kürenin bir başka penceresine yerleştirilmiş olan ışık detektörü küre içinde toplanan ışığı ölçer. Bu sayede örnek dokunun geçirgenliği ölçülmüş olur. Doku örneği toplayıcı kürenin arkasındaki pencereye yerleştirilerek bir başka ölçüm daha yapılır ve ışığı ne kadar yansıttığı ölçülmüş olur. Bu düzenekte kullanılan monokromatör geniş bir spektrumda tek tek dalgaboyunu değiştirerek tek renkli ışık elde etmeye yarayan bir cihazdır. Faz kilitlenmeli yükseltici ise dokuya verilen ışık kaynağı ile ölçümü eş zamanlı yaparak ortamın yarattığı sinyal gürültüsünü ayıklamaya yarar. Bu düzenek kullanılarak yapılan ölçüm değerleri bir matematiksel model yardımıyla optik özelliklerin hesaplanmasında kullanılır ve dokunun belirli dalgaboyunda ışığı ne kadar soğurduğu, o doku ortamında ışığın ne kadarının hangi yönde saçılacağını bildiren katsayılar hesaplanır. Daha sonra bu katsayılar lazer-doku etkileşim modellerinde kullanılarak lazerlerin doku içinde nasıl yayılacağı ve dokuları hangi sıcaklıklara kadar yükselteceği hesaplanır.

Beyin Cerrahisi İçin Lazer Sistemi Geliştirilmesi: Son derce yaşamsal öneme sahip olan beyinde cerrahi girişimlerde bulunmak kimi zaman kaçınılmaz olur. Beyin dokularında oluşan tümörlerin çıkarılması ya da kimi odakların yok edilmesi amacıyla beyinde yapılan cerrahi girişimlerin amacı hedeflenen doku çıkarma ya da yok etme işlemini hassasiyetle gerçekleştirmek ve çevre dokulara en az zararı vererek bu-

Lazer Uygulaması



Elektrik Akımı Uygulaması

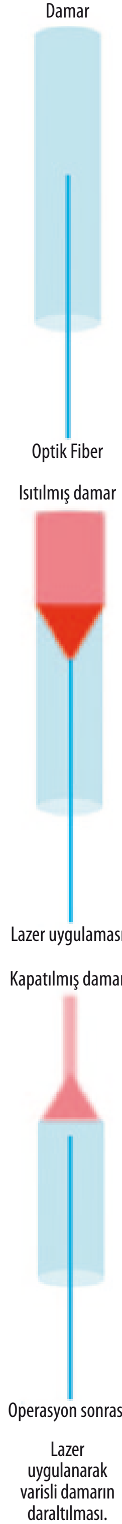


Sol taraftaki fotoğrafta lazer uygulaması sonucu ortadan kaldırılmış beyin dokusu ve çevresindeki sağlıklı dokular görülmektedir. Sağ taraftaki fotoğrafta elektrik akımı uygulaması sonucunda beyinde yaratılan lezyon, çevresinde yarattığı ısıl tahribat, özellikle kömürleşme görülmektedir.

nu başarmaktır. Parkinson gibi kimi hastalıklarda beyinde belirli bölgelerin yok edilmesi ya da işlevsiz hale gelmesi için yapılan işlem kontrollü lezyonlar yaratılması, geleneksel olarak dokudan radyo frekansında elektrik akımı geçirerek ablasyon yaratmaktır. Bu yönteme RF-ablasyon denir. Alternatif olarak lazerler de beyinde lezyon ya da ablasyon yaratmak için kullanılabilir. Tıbbi Lazerler Laboratuvarı'nda bu amaçla lazer sistemleri tasarlanmaktadır. Lazerlerin fototermal etkisinden yararlanmak amacıyla kızılaltı bölgede ışıma yapan diyot ve fiber lazerleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu lazerlerin en büyük özelliği denetimlerinin görece kolaylığı, uzun çalışma ömrü, taşınabilir büyüklükte olmaları ve az güç harcamalarıdır. Önce ölü beyin dokuları üzerinde yapılan doz kestirim çalışmaları gerçekleştirilerek lezyon oluşumu için gerekli lazer güçleri ve uygulama süreleri saptanır. Ardından sıçanlar üzerinde girişimde bulunulur. Kafatasında sadece iki küçük delik açarak hedeflenen dokunun bulunduğu koordinatlara ulaşılmasını sağlayan stereotaksik cerrahi aletine lazer ışınlarını taşıyacak optik lif bağlanır ve lif hayvanın beynindeki hedef bölgeye yerleştirilir. Lazer gücü uygulandıktan sonra girişim sona erdirilerek hayvanların iyileşme süreci gözlenir. Çeşitli zamanlarda alınan örnekler mikroskop altında incelendiğinde lazer kullanarak yapılan ablasyonların hem çok daha kontrollü (yani hedeflendiği kadar doku kaldırdığı), hem çevre dokulara daha az zarar verdiği hem de dokunun elektrik akımı kullanarak yapılan girişimlere kıyasla çok daha çabuk iyileştiği gözlenmiştir.

Varis Tedavisi İçin Lazer Uygulaması

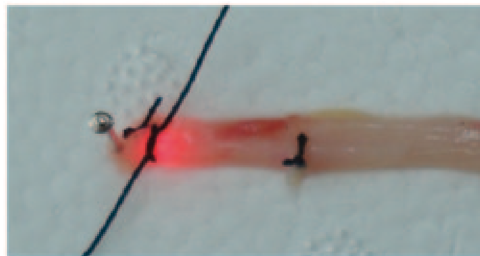
Varisler ağrıya, ödem ve kramplara neden olan damar bozukluklarıdır. Varisli damarların tedavisinde son derece ağrılı, genel anesteziye gereksinim duyulan, geri dönüş olasılığı yüksek, sonrasında enfeksiyon ve yara izi bırakma riski olan geleneksel cerrahi yöntem yıllardır kullanılmaktadır. Bu yönteme alternatif olarak geliştirilen endevenöz lazer uygulamaları henüz yeni bir konu olup yeni lazer arayışları sürmektedir. Lazer uygulamasının komplikasyonları, klasik yönteme göre çok daha azdır. Hasta çok daha çabuk iyileşmekte, daha az ağrı duymaktadır. Yine kızılaltı lazerlerin kullanıldığı bu uygulama için lazer dalgaboyu, güç ve uygulama süresi gibi parametreler üzerinde çalışılmaktadır. Tıbbi Lazerler Laboratuarı'nda endovenöz lazer tedavisinde kızılaltı bölgede ışıma yapan farklı lazer dalgaboylarının etkileri araştırılmaktır. Hastalardan alınan damar örneklerinin içine yerleştirilen optik liften aktarılan lazer ışınları damarlarda daralmaya neden olur. Amaç damarın tamamen kapatılarak varisli damarın devre dışı bırakılmasıdır. Girişim sırasında oluşan foto-termal etkinin damarla sınırlı kalması lazer araştırmasındaki amaçlardan biridir. O nedenle bu araştırma sırasında sıcaklık ölçümleri de yapılmaktadır.

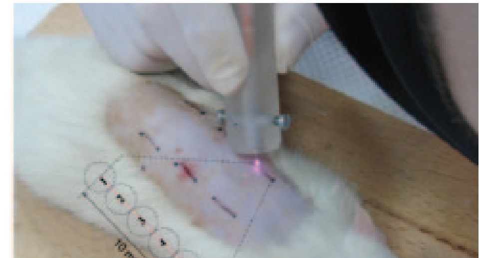


Lazer uygulanarak varisli damarın daraltılması.

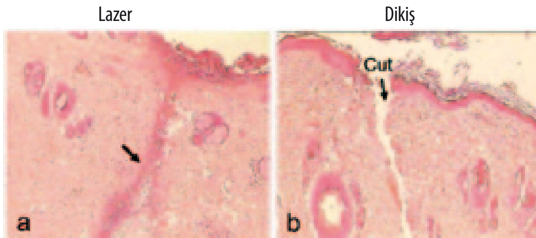
Lazerle Doku Kaynağı

Lazerle doku kaynağı teknikleri, özellikle çok sayıda yaralanmaların tedavi edilmesini gerektiren savaş ve deprem gibi doğal afet bölgelerinde dikiş atma tekniğine karşı etkili bir seçenek olabilir. Doku kaynağı aynı zamanda, doğal dikiş malzemelerinin kullanımından doğan komplikasyonların engellenmesi için de iyi bir adaydır. Lazer ile doku kaynağının moleküler mekanizması tam olarak bilinmemekte, konuyla ilgili araştırmalar sürmektedir. Şimdiye dek yapılan çalışmalarda elde edilen bulgulara göre önerilen mekanizma kolajen moleküllerinin sıcaklık etkisi ile bir fermuar gibi açılıp diğer kolajen molekülleri ile birleşmesi yönündedir. Lazerle do-


Laboratuvar koşullarında lazer uygulaması sırasında damarın görüntüsü.


Deri dokusunda açılan kesilerin lazer uygulaması ile kaynaklanması.

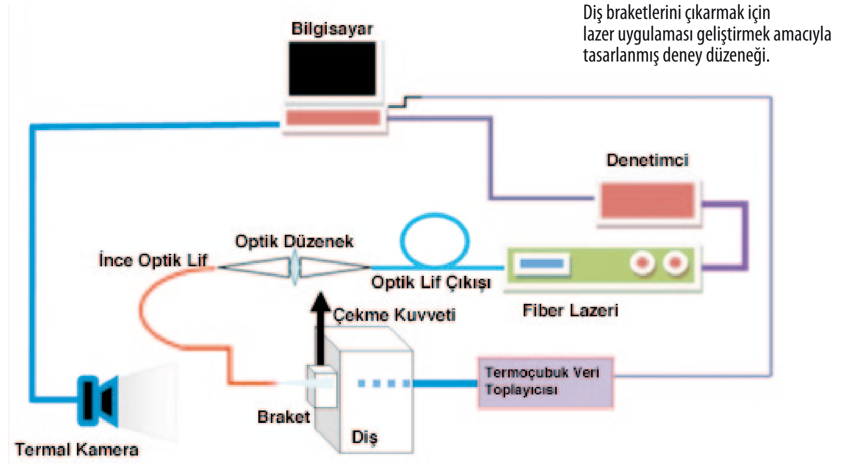
ku kaynağı çalışmalarında lazerin dalgaboyu, eklenen yapıştırıcı veya enerji emici boya maddelerinin yanısıra lazer enerjisinin aktarımı da önemli bir rol oynar. Enerjinin aktarım biçimi hedef dokudaki ısının üretimini ve sıcaklık dağılımının oluşmasını etkiler. Belli sıklıkta enerji paketlerinin dokuya ulaştırılması, lazerin kapalı olduğu zaman aralıklarında dokunun sıcaklık açısından rahatlamaya girmesine neden olur. Böylelikle darbeli uygulamalarda hedef dokunun çevresindeki sağlıklı dokularda sıcaklık artışı en aza indirgenmiş olur. Tıbbi Lazerler Laboratuvarı'nda, farklı dalgaboylarında ışıma yapan kızılaltı lazerlerin fototermal etkilerinden yararlanarak doku kaynağı çalışmaları yapılmaktadır. Canlı hayvan modeli kullanılmakta, deri dokusunda yapılan kesiler lazerle kaynaklanmakta, iyileşme süreci mikroskopik olarak incelenmekte, kaynaklanan dokunun sağlamlığı mekanik çekme aleti kullanılarak ölçülmektedir. Yapılan lazer kaynakları geleneksel dikişle kapatılan kesilerle karşılaştırılmakta ve özellikle iyileşme sürecinin ilk günlerinde lazerlerin son derece üstün olduğu görülmektedir. Deri dokusundan farklı olarak kornea dokusunda da oluşan kesilerin lazer kaynağı ile yapıştırılması çalışma konularımız arasındadır. Henüz cansız dokularda yapılan ön çalışmalar bu alanda da umut vaat etmektedir. Özellikle katarakt cerrahisi sırasında açılan kesilerin kapatılması enfeksiyon riskini en aza indireceği için önemli bir uygulama alanıdır.



Deri dokusunda lazer kaynaklaması ve dikiş yönteminin karşılaştırılması. Uygulamadan hemen sonra lazer uygulanan grupta kesilerin kapandığı, dikiş atılan grupta ise kesinin açık kaldığı gözlenmiştir.

Diş Braketlerinin Çıkarılması

Diş hekimliğinin ortodonti alanında çok yaygın olarak kullanılan seramik braketlerin mekanik olarak çıkarılması diş minesinde tahribat yarattığı için son yıllarda lazerler bir alternatif olarak çalışılmaktadır. Bu çalışmalarda amaç mekanik olarak diş minesini daha az zorlayacak bir lazer uygulama biçiminin bulunmasıdır. Lazer enerjisi braketi ve onu diş yüzeyine tutturan reçineyi ısıtırken aynı zamanda pulpa içinde sıcaklığı da artırır. Bu sıcaklığın acı ve zarar vermeyecek bir seviyede tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada hayvan dişlerine yapıştırılmış olan braketlere lazer uygulanırken çekme testleri ile mekanik kuvvet ve hızlı termoçubuklarla sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Amaç, diş dokusu tarafından farklı oranlarda soğurulacak olan farklı lazerlerin seramik braketlerin çıkarılması sırasında uygulanacak en iyi parametrelerini bulmaktır. En iyinin ölçütü, en kısa sürede, en az enerji aktararak, daha az mekanik kuvvet kullanımını sağlayarak pulpa ve diş dokusunda oluşacak sıcaklığı en aza indirgeyerek seramik braketleri çıkartmaktır.



Diş braketlerini çıkarmak için lazer uygulaması geliştirmek amacıyla tasarlanmış deney düzeneği.

Lazerlerin tıptaki uygulamaları her geçen gün artıyor, yeni lazerlerin ve aktarım yöntemlerinin gelişmesi yeni uygulama alanlarını da beraberinde getiriyor. Ancak, lazerlerin klinikte uygulamaya geçilmeden önce uzun bir araştırma sürecine ihtiyaç duyuluyor. Tıbbi Lazer Laboratuvarları bir yandan yeni yöntemler ve yeni uygulamalar geliştirirken bir yandan da bu uygulamaların güvenilir olup olmadığını araştırırlar.



Doç. Dr. Murat Gülsoy, Boğaziçi Üniversitesi'nde Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve Psikoloji; İTÜ'de Biyomedikal Mühendisliği öğrenimi gördü. Yüksek Lisans tezini, Boğaziçi Psikoloji ve İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Fizyoloji Bölümü işbirliği ile tamamladı. Doktora çalışmalarını beyin cerrahisi için yeni bir lazer sistemi geliştirmek konusunda yoğunlaştırdı. 1993 yılından beri Boğaziçi Üniversitesi'nde öğretim üyesi olarak çalışan Murat Gülsoy, lazerlerin fototermal ve fotokimyasal özelliklerinden yararlanarak cerrahi lazer sistemlerinin geliştirilmesi, lazerlerle doku kaynağı ve fotodinamik tedavi alanlarında çalışmaktadır.

Kaynaklar

Haşim Özgür Tabakoğlu ve Murat Gülsoy, "In vivo comparison of near infrared lasers for skin welding", *Lasers in Medical Science,* Volume 25, Number 3 / May, 2010.

Geldi, C., Bozkulak, Ö., Tabakoğlu H.Ö., İşçi, Ş., Kurt, A., Gülsoy, M., "Development of a Surgical Diode Laser System: Controlling the Mode of Operation", *Photomedicine and Laser Surgery*, 24/6: 723-729, (2006).

Gülsoy, M., Dereli Z., Tabakoğlu H.Ö., Bozkulak, Ö., "Closure of Skin Incisions by 980-nm Diode Laser Welding", *Lasers in Medical Science*, 21(1): 5-10, (2006).

Bozkulak, Ö., Tabakoğlu H.Ö., Aksoy, A., Kurtkaya, Ö., Sav A., Canbeyli, R., Gülsoy, M., "980-nm Diode Laser for Brain Surgery: Histopathology and Recovery Period", *Lasers in Medical Science*, 19:41-47 (2004).

Ayse Sena Sarp, Murat Gülsoy, "Seramik Braketlerin Laserle Çıkarılması", 14. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 20- 22 Mayıs 2009.

Nermin Topaloglu, Özgür Tabakoğlu, Mehmet Ümit Ergenoğlu, ve Murat Gülsoy, "Endovenöz Laser Uygulamalarında 980-nm ve 1070-nm Laserlerin Karşılaştırılması", 14. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 20-24 Mayıs 2009.

Hakan Ürey

Erdem Erden

Lazer Televizyonlar ve Lazer Projektörler

Birçoğumuz kırmızı ve yeşil lazer diyotlarını sunumlar sırasında perde üzerinde bir noktayı göstermek için kullanılan işaretçiler ve tutulduğu yer üzerinde çeşitli desenler oluşturan oyuncaklar sayesinde tanıyoruz. Mavi lazerlerin adı ise son yıllarda blu-ray disk çalarlar sayesinde duyuldu. Bu yazımızda kırmızı, yeşil ve mavi üç lazer kullanan televizyonlardan ve projektörlerden ve Koç Üniversitesi'nde bu konuda yapılan çalışmalardan söz edeceğiz.



GxL teknolojisi kullanan 50m x 10m büyüklüğündeki SONY Laser Dream Theater (2005 World Expo, Aichi, Japonya) (kaynak: sonyinsider.com)

Lazer temelli görüntüleme sistemleri, üzerinde son 50 yıldır çalışılmasına rağmen ancak son zamanlarda karşımıza ürün olarak çıkabilmiştir. Bunu mümkün kılan, lazer teknolojisindeki son gelişmeler sayesinde daha ucuz, daha verimli çalışan, az yer kaplayan ve yüksek güçlü lazerlerin üretilebilmesidir. Maliyeti düşük, az enerji harcayan ve görülebilir dalga boyunda ışın yayan lazerlerin kullanımıyla birlikte lazer temelli görüntüleme sistemlerinin raflarda gün geçtikçe daha fazla yer bulmaya başlaması beklenmektedir.

Kaliteli bir görüntü oluşturmak için neden kırmızı, yeşil ve mavi (KYM) kaynak gereklidir, KYM lazer kullanmanın avantajları nelerdir?

Fen derslerinde, prizma ile güneş ışığını renklerine ayırma deneylerinden de hatırlanacağı gibi beyaz ışık değişik dalga boyuna sahip farklı renkte ışıkların toplamından oluşur. İnsan gözünde çubuk ve koni olmak üzere iki çeşit görme algılayıcısı vardır. Koni algılayıcıları üç çeşittir ve temel renkler olan kırmızıyı, yeşili ve maviyi algılarlar. Farklı renklerin algılanması ise aynı dalga boyunun çeşitli koni algılayıcılarını değişik miktarlarda uyarması ve bunun beyin tarafından değerlendirilmesi sayesinde olur. Koni algılayıcı hücrelerinin algıladıkları ışık dalga boyları ölçülmüş ve Şekil 1'de gösterilen renkserlik çizelgesi çıkarılmıştır. Çizelge üzerindeki üçgenlerin köşeleri, görüntüleme sistemlerinde kullanılan kaynakların temel dalga boylarına karşılık gelmektedir. O noktalara ancak renksel olarak saf yani gerçek tek renkli olan kaynaklar ile ulaşılabilmektedir; bu da sadece lazerler ile mümkündür.

Şekil incelendiğinde kullanılan ışık kaynağına göre farklı renk gamları elde edildiği gözlemlenmektedir. CRT denilen elektron taramalı tüplü televizyonlar ekran üzerinde renkli fosfor, LCD'ler floresan lamba, LED televizyonlar KYM LED dizinleri, lazer televizyonlar ise KYM lazer kullanmaktadır. LED kullanan LCD televizyonlar oldukça geniş bir renk gamına sahip olmakla birlikte bu konuda lazerler ile yarışamazlar. KYM lazerlerin kullanıldığı bir sistemin, insanların algılayabildiği renk aralığının %80'ini kapsayabildiği görülebilmektedir. Bu sayede lazer temelli görüntüleme sistemleri, diğer sistemle-

re göre daha gerçekçi ve canlı renkler sunabilmektedir. Renk gamının daha büyük bir bölümünü kapsamak için üç yerine daha fazla renkte lazer kullanılabilir, ancak bu üretilecek sistemi daha karmaşık hale getirmekte ve maliyetini artırmaktadır.

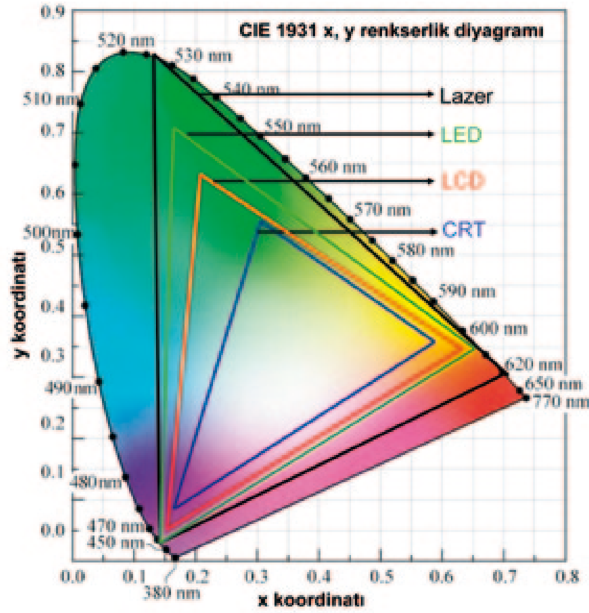
Ekran teknolojisi için hangi tip lazerler uygundur?

Bu özel sayıdaki diğer makalelerde de bahsedildiği gibi birçok değişik lazer teknolojisi bulunmaktadır. Ağırlık, hacim ve maliyet göz önüne alındığında, ekran teknolojisi için en uygun lazerler lazer diyotlardır. Lazer diyotların en önemli özelliği, lazer ışık miktarının lazeri süren elektrik akımı yardımıyla yüksek hızlarda kontrol edilebilmesi ve farklı parlaklıklar elde edilmesi için kiplenebilmesidir (modüle edilebilmesidir). Diğer tip lazerlerin kiplenebilmesi için harici bir kipleyici kullanılması gerekir, bu da beraberinde ek maliyet ve hacim getirmektedir.

KYM lazer diyot teknolojilerinde en son gelişmeler nelerdir?

Lazer diyotların kullanımıyla birlikte diğer lazerler ile yaşanan sorunlar büyük ölçüde çözülmüştür. Mavi için galyum nitrat (GaN), kırmızı için alüminyum indiyum galyum fosfat (AlInGaP) lazer diyotlar kullanılmaktadır. Kırmızı lazer diyotlar CD ve DVD sürücülerde, barkod okuyucularda yıllardır kullanılagelmektedir ve maliyetleri çok düşüktür. Mavi lazer diyotlar düşük dalga boyu sayesinde yüksek kapasiteli optik bellek üretmek için geliştirilmiştir ve blu-ray disklerde kullanılmaktadır. Doğrudan yeşil ışıma yapan (frekans katlamasız) yeşil lazer diyotların üretimi ise ancak son birkaç yıl içinde başarılabilmiştir. Şu an satılan tüm yeşil lazerler, kızılaltı bir lazeri kaynak olarak kullanıp özel bir optik kristal sayesinde frekans katlama metoduyla yeşil ışık üretmektedir. Bu nedenle yeşil lazer diyotlar, kırmızı ya da mavi lazer diyotlara göre daha büyük hacme sahiptir ve daha fazla enerji harcamaktadır.

İlk frekans katlamasız yeşil lazer diyotları 2009 yılı başında Nichia Corporation ve Osram Semiconductors firmaları piyasaya sürmüştür. Bu büyük bir başarı olmasına karşın, bu lazerler 515 nanometre dalga boyunda maviye yakın bir yeşil renk ürettikleri için, mavi ve kırmızı lazerlerle birleştirildiklerinde renk gamının istenilenden daha küçük bir kısmını kapsayabilmektedir. Temmuz 2009'da ise Sumitomo Electric firması Şekil 2'de gösterilen, dünyanın 531 nanometre dalga boyunda ışıma yapan ilk frekans katlamasız yeşil lazer diyodunun üretildiğini duyurmuştur. Uzun yıllardan beri beklenen bir gelişme olduğu için bilim dünyasında büyük bir yankı uyandırmış olan bu lazerler, taşınabilir lazer görüntüleme sistemlerinin daha da küçülmesini sağlayacaktır.

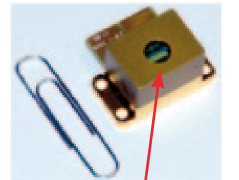


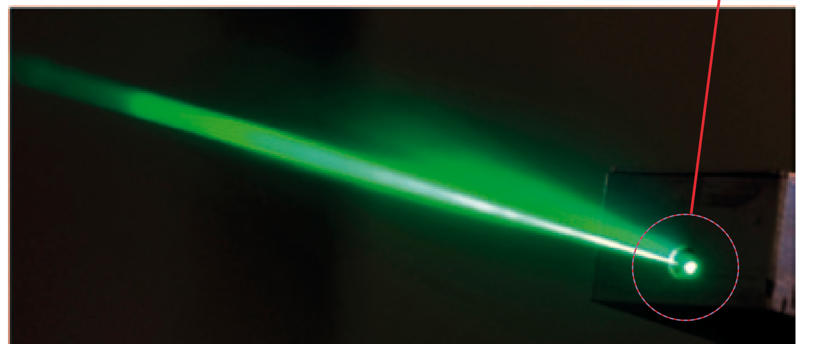
Şekil 1. CIE 1931 x, y renkserlik diyagramı, insan gözünün algılayabildiği renk gamını göstermektedir. Farklı ekran teknolojileri ile elde edilen renk gamları işaretlenmiştir.

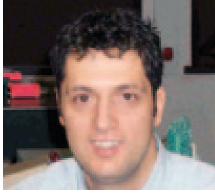
Lazer diyotlar kullanım amacına göre darbeli veya sürekli kipte çalıştırabilir. Başarım ölçütlerinin değişmemesi için lazer sıcaklığının termoelektrik soğutma sistemleriyle sabitlenmesi gerekebilmektedir. Diyot lazerlerin diğer dezavantajı ise çıkan ışığın gücünün çok yüksek olmaması ve gönderdiği ışının iki eksendeki yayılma açısının ve odak noktasının farklı olmasıdır.

Diyot lazerlerle yüksek güçte (100 miliwatt üzeri) çıkış elde etmek için görüntü sistemlerinde genellikle Şekil 3'te gösterilen lazer diyot dizinleri kullanılmaktadır. Diyot dizinlerinin kullanımı, beraberinde farklı sorunlar getirmektedir. Diyot dizininde bulunan diyotlar üretimden ötürü birbiriyle tıpatıp aynı olmamaktadır. Diyotlar arasındaki farklılıklar, birbirinden ayrı diyotların farklı güçte ışıma yapmasına ve çalıştırıldıklarında termal genişleme katsayılarındaki farklılıklardan ötürü birbirlerine göre hizalarının bozulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle diyot dizinleriyle bir örnek aydınlanma elde etmek için lazerlerle birlikte özel optik elemanların, örneğin faz plakalarının ya da mikro mercek dizinlerinin kullanılması gerekmektedir.

Şekil 2. Sumitomo Electric firmasının ürettiği dünyanın ilk 531nm frekans katlamasız yeşil lazer diyodu (kaynak: Sumitomo)







Doç. Dr. Hakan Ürey, Lisans öğrenimini 1992'de ODTÜ'de, yüksek lisans ve doktora derecelerini ise Georgia Institute of Technology'de (ABD) 1996 ve 1997 yıllarında elektrik mühendisliği alanında tamamladı. Koç Üniversitesi'ne 2001 yılında katıldı. Devam eden araştırma projeleri, mikro-optik ve MEMS teknolojisi kullanan görüntü teknolojileri, kimyasal analiz cihazları, gece görüş kamera sistemleri ve nano-biyo sensör geliştirilmesi konularındadır. 100'ün üzerinde dergi ve konferans makalesi ve 20 patenti vardır.

Lazer kaynaklı görüntü teknolojilerinin aşması gereken zorluklar nelerdir?

Bu sorunun yanıtı girişim benekleri nedeniyle görüntü kalitesinin düşmesi ve lazerin göze yansıtılmasının riskli olduğu algısı olarak verilebilir.

Lazerler zamana veya izlediği yola bağlı olarak frekansı, evresi ve kutupluluğu değişmeyen ışın yayan, eşfazlı ışık kaynaklarıdır. Eğer bir nesne bir lazer ışını tarafından aydınlatılırsa, nesnenin yüzeyindeki pürüzlerden ötürü saçılan ışınlar arasında faz farklılıkları oluşur. Aynı frekansa fakat farklı faza sahip bu ışınlar yüzeyden yansıdıktan sonra girişim deseni oluşturur ve aydınlattıkları alan üzerinde de parlak ve karanlık noktalar olarak gözlenen girişim benekleri oluşur. Lazerle oluşturulmuş bir görüntünün, girişim beneği azaltma yöntemlerinden biri kullanılmadan önceki ve kullanıldıktan sonraki hali Şekil 4'te gösterilmektedir. Eşfazlı kaynaklarda gözlenen girişim benekleri görüntü kusurları oluşturmaktadır. Girişim beneklerinin şekli ve yapısı, aydınlatılan yüzeyin pürüzlülüğüne ve eğriliğine bağlıdır.

Işığın eşfazlı olma özelliğini bozarak benekleri önlemek için çeşitli yöntemler bulunmuştur, yenileri üzerinde de çalışılmaktadır. Örnek olarak lazeri bir fiber kablonun içinden geçirip fiberi titreştirmek, lazerin düştüğü ekranı titreştirmek (mikroskobik titreşimler dahi yeterli olmaktadır), lazer dizinleri kullanarak kaynak sayısını artırmak, kaynağın bant genişliğini artırmak gibi yöntemler uygulanabilmektedir. Sözü edilen titreşimler insan gözünün algılayabileceği 1/60 saniye mertebesinden daha hızlı olmalıdır. Mitsubishi 2005 yılında ürettiği lazer televizyonun 185cm'lik ekranını piezo-elektrik motorlar sayesinde hareket ettirerek girişim beneği kontrastını %2 mertebesine düşürmüştür.

Lazerin göze yansıtılmasını riskli olduğu algısı yaygındır. Gözde hasar riski tamamen ışık kaynağından çıkan ışığın hangi dalga boyunda olduğu ve kaynaktan çıkan ışığın ne kadarının göz bebeğinden içeri girdiği ile ilgilidir. Örneğin güneş ışığına doğrudan bakmak veya kuvvetli bir projeksiyon cihazının merceğinden içeriye doğrudan bakmak göze zararlıdır. Bu konuda yapılan çok detaylı çalışmalar sonucunda sınırlar belirlenmiş ve farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. Lazer ışığı saçılmadan düz bir çizgi şeklinde ilerleyebildiği için birkaç miliwat güç seviyesindeki lazerler dahi göze tutulduğunda zararlı olabilmektedir. Ancak lazer televizyon veya projektör sistemlerinde, lazer ışığının tamamı gözümüze gelmemekte ve büyük bir alanı aydınlatmaktadır. Sistem tasarımı yapanlar bu konuları göz önüne almak zorunda oldukları için, lazerli görüntü sistemlerinin lamba veya LED kullanan sistemlerden farklı bir güvenlik tehdidi yoktur.

Lazer temelli görüntü sistemlerinde görüntü nasıl oluşturulur?

Lazer temelli görüntüleme sistemleri, kullanılan ışık kipleyici tipine göre üç kategoriye ayrılmaktadır: (i) 2-boyutlu tarayıcı kullanıp kiplemeyi lazer ile yapan sistemler, (ii) 1-boyutlu tarayıcı ve mikro-elektro-mekanik kipleyici kullanan sistemler, (iii) kiplemeyi sıvı kristal vb. yassı ekran teknolojisi ile yapan sistemler.

Birinci kategorideki lazer görüntüleme sistemlerinde KYM lazer ışınları video sinyali ile kiplendikten sonra Şekil 5'te gösterildiği gibi mercek ve yarı ayna mekanizmalarından geçirilip tek bir ışın haline getirilmekte ve 2-eksenli bir mikro-tarayıcı aynadan yansıtılarak ekran üzerinde bir nokta oluşturulmaktadır. Tarayıcı, lazer noktasını gözümüzün algılayabileceğinden daha hızlı olarak ekran üzerinde soldan sağa ve yukarıdan aşağıya saniyede 60 kez gezdirerek tam bir görüntü algılamamızı sağlar.



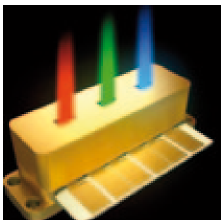
Şekil 4. Lazer kaynağı ile oluşan girişim beneği ve Dyoptyka firmasının girişim beneği azaltma tekniğinin görüntü kalitesi üzerinde etkisi (kaynak Dyoptyka)

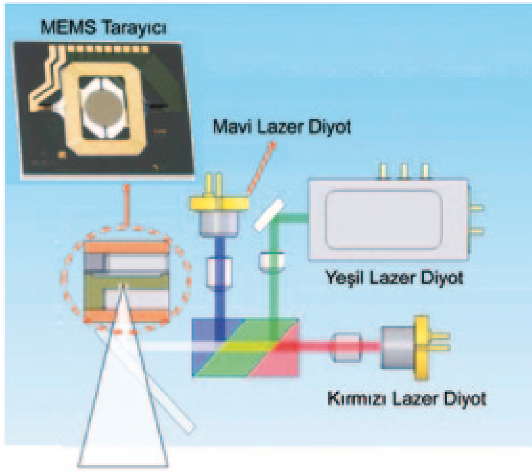
Koç Üniversitesi Optik Mikrosistemler Araştırma grubunda, Microvision Inc. (ABD) ile ortak mikro-elektro-mekanik sistem (MEMS) teknolojisi kullanan tarayıcı teknolojileri geliştirilmesi ve mikro-optik sistemler geliştirilmesi konularında 2002 yılından bu yana çok önemli bir Ar-Ge işbirliği devam etmektedir. Bu konuda birçok patentimiz Microvision firması tarafından lisanslanmıştır.

Daha önceki bölümlerde bahsedilen kiplenebilir lazer diyotlarla MEMS tarayıcıların birleştirilmesiyle yeni bir sınıf olan piko-projektörler üretilmeye başlanmıştır. Bu projektörler çok küçük bir hacim kaplamaktadır ve bir cep telefonunun içine sığdırılabilmektedirler. MEMS teknolojisi sayesinde tümleşik elektronik endüstrisinin yapıtaşı olan silikonun mükemmel mekanik özellikleri değerlendirilerek çok hızlı, küçük ve düşük maliyetli tarayıcılar üretilebilmektedir.

Microvision (ABD) firması 2009 yılı sonunda lazer temelli, 10 lümen ışık gücü olan ve pille çalışan

Şekil 3. ARASOR firmasının ürettiği kırmızı, yeşil ve mavi lazer. Her bir lazer 20 kadar lazer diyottan oluşmakta ve toplam 3-4 watt mertebesinde ışık üretmektedir. Bu lazerler Koç Üniversitesi'nin de katıldığı AB-destekli HELIUM3D 3-boyutlu lazer televizyon geliştirilmesi projesinde kullanılmaktadır (kaynak ARASOR).





Şekil 5. Microvision firmasının ürettiği piko-projektörün çalışma prensibi. Cihazda kullanılan 2 boyutlu tarama yapan MEMS tarayıcı Koç Üniversitesi'nin katkıları ile geliştirilmiştir. (kaynak: Microvision firmasının izni ile yayımlanmıştır).

piko-projektörü piyasaya sürmüştür. Çalışma prensibi, Şekil 5'te gösterildiği gibi, piko-projektörde kırmızı, yeşil ve mavi lazer diyotların video sinyaliyle kiplenmesinden sonra birleştirilmesidir. Yeşil lazer daha önce belirtildiği gibi frekans katlama metodu ile elde edildiği için diğerlerinden daha büyüktür. Bir araya gelen üç renkli ışın, MEMS tarayıcı tarafından iki eksende taranmaktadır. Lazerin saçılmadan ilerleyebilmesi sayesinde, görüntü ekrana herhangi bir projeksiyon merceği kullanılmadan iletilebilmektedir. Bu da görüntünün her türlü yüzeyde ve mesafede net olmasını sağlamakta, herhangi bir odak ayarı gerektirmemektedir. Şekil 6'da gösterildiği gibi aydınlık ortamda A4 kâğıt büyüklüğünde bir görüntü rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Karanlık ortamda ise 1m-2m büyüklüğünde bir görüntüyü duvara veya tavana cep telefonunuzdan projekte etmek mümkün olabilmektedir.

İkinci kategori ise GLV veya GxL (*Grating Light Valve*), GEMS (*Grating ElectroMechanical Systems*) ve SOM (*Spatial Optical Modulator*) gibi kırınım prensibiyle ve MEMS teknolojisi ile çalışan tek boyutlu kipleyici dizinleridir. Bu durumda lazerin kiplenmesi gerekmemektedir. Bu kipleyicilere çizgi haline getirilmiş lazer ışını gönderilerek oluşturulan bir boyutlu görüntü sütunu, bir tarayıcı yardımıyla ekran üzerine yatay olarak taranarak iki boyutlu bütün görüntü oluşturulmaktadır. Bu tip görüntüleme sistemleri ile yüksek görüntü kontrastı elde edilebilmektedir ancak görüntünün ekrana iletilebilmesi için projeksiyon merceği sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek güçlü lazerler ve 12 adet GLV sistemi kullanılarak SONY Lazer Dream Theater Japonya'da 2005 yılında hizmete girmiştir. 50m eninde görüntü ile dünyanın en büyük sinema ekranı olma özelliğini taşımaktadır.

Üçüncü kategorideki lazer temelli görüntüleme sistemlerinde ise çeşitli sıvı kristal cihazlar ve DMD (*Digital Micromirror Devices*) gibi iki boyutlu kipleyiciler kullanılmaktadır. İlgili iki boyutlu kipleyici üzerine gönderilen farklı renkte lazer ışınları birleştirildikten sonra bir projeksiyon merceği yardımıyla ekrana iletilmektedir. Bu tip cihazlar, kullanılan lazerlerden yüksek bir ışın kalitesi beklememektedir. Mitsubishi 2008 yılında DMD kullanan bir lazer televizyonu piyasa sürmüştür. Alcatel-Lucent firması da LCOS (*Liquid Crystal on Silicon*) kullanarak lazer temelli bir mikro-projektör üretmiştir.

Özetlediğimiz üç temel kategorideki lazer görüntüleme sistemleri dışında kırınım desenleri kullanan holografik lazer projektörler, askeri ve tıbbi amaçlarla kullanılabilecek lazer temelli giyilebilir görüntüleme sistemleri de bulunmaktadır.

Lazer diyotlardaki ve MEMS teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte lazer temelli görüntüleme sistemleri artık cebe sığacak büyüklüğe gelmiştir ve hâkim teknoloji olan sıvı kristal ekranlar ile piko-projektör gibi yeni ürün gruplarıyla yarışır hale gelmiştir. Lazer teknolojisindeki gelişmeler ile yepyeni ekran teknolojilerini (holografik ve 3-boyutlu ekranlar vb.) önümüzdeki yıllarda göreceğimizi tahmin ediyoruz.



Şekil 6. Piko-projektör ile oluşturulan görüntü

Lazer temelli görüntü teknolojileri projelerimize destek veren Microvision Inc (ABD) ve AB 7. Çerçeve programı HELIUM3D projesine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kaynaklar
Bu yazı 2010'da yayınlanacak olan davetli makaleden derlenmiştir: Kishore, V. C., Erden, E., Urey, H., "Laser Based Displays: A Review," *Applied Optics*, 2010.
Castellano, J. A., *Handbook of Display Technology*, Academic Press, 1992.
Broadbent, A. D., "A Critical Review of the Development of the CIE1931 RGB Color-Matching Functions," *COLOR Research and Application*, Sayı 29, s. 267–272, 2004.
Enya, Y., Yoshizumi, Y., Kyono, T., Akita, K., Ueno, M., Adachi, M., Sumitomo, T., Tokuyama, S., Ikegami, T., Katayama, K., Nakamura, T., "531 nm Green Lasing of InGaN Based Laser Diodes on Semi-Polar {2021} Free-Standing GaN Substrates", *Applied Physics Express*, Sayı 2, 2009.
Urey, H., Dickensheets, D., "Display and Imaging Systems", MOEMS and Applications, Bölüm 8, SPIE Press, 2005.
Solgaard, O., Sandejas, F. S. A., Bloom, D. M., "Deformable grating optical modulator," *Optics Letters*, Sayı 17, s. 688–690, 1992.
http://microvision.com/
http://www.dlp.com/
http://mems.ku.edu.tr



Erdem Erden, 2008 yılında Koç Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde lisans derecesini tamamladı. Halen aynı bölümde araştırma asistanı olarak yüksek lisans programına devam etmekte ve 3-boyutlu lazer televizyon geliştirilmesi projesinde çalışmaktadır. Yazar TÜBİTAK BİDEB'e ve Koç Üniversitesi'ne verdikleri eğitim bursları için teşekkürlerini sunmaktadır.

Arif Demir

Lazerle Malzeme İşleme

Lazerler 50 yıllık tarihiyle hem teknolojinin gelişimine katkı sağlayan hem de teknolojinin gelişimi ile kullanım alanı genişleyen önemli aletlerdir. Lazerin sağlık sektöründen savunma endüstrisine, uzay teknolojilerinden eğlence sektörüne çok farklı alanlarda kullanılır hale gelmesini sağlayan; yüksek yoğunluklu, odaklanabilir ve kontrol edilebilir bir enerji kaynağı olmasıdır. Lazerler bu özellikleri sayesinde kimi zaman keskin bir bıçak kimi zaman da yüksek enerjili bir ısıtıcı olarak kullanılmaktadır.
Bu yazıda, lazer ile malzeme işleme teknikleri ve bu teknikler sonucu elde edilen ürünler hakkında genel bilgiler verilecektir.



>>>

Lazer ile malzeme işleme teknikleri delme, kesme, kaynak, yüzey işleme ve kaplama olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, gerçekleşen işlemin boyutlarına (santimetre, mikrometre, nanometre), kullanılan lazerin özelliklerine (enerjisi, dalgaboyu, darbe süresi, tekrarlama oranı) ve malzemenin özelliklerine (iletkenler, yarı iletkenler, yalıtkanlar) göre alt sınıflara ayrılabilir. Lazer ile işlenen malzemeler kullandığımız aletler olabildiği gibi canlı vücudunun herhangi bir organı da (göz, diş, kemik, kas) olabilir.

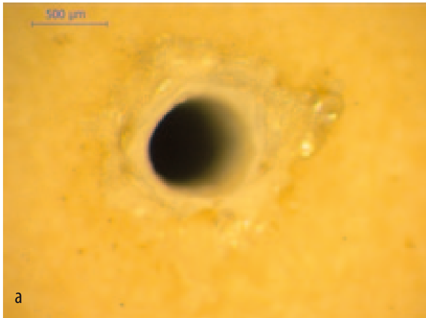
Lazer ile Malzeme İşleme

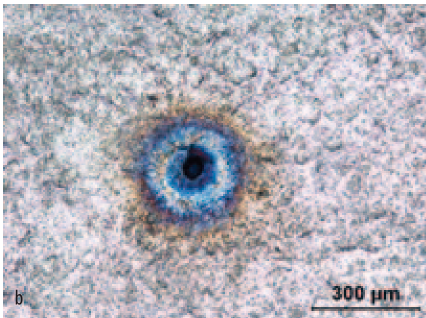
Lazer ile malzeme işleme; yüksek hız, yerel ısınma, otomasyon olanakları, farklı malzemelerin kolayca işlenebilmesi nedeniyle hızla yaygınlaşmaktadır. Lazer, odaklandığı noktaya yüksek enerji transfer ederek o bölgedeki malzemeyi eritir, ardından da hızla buharlaştırarak malzemeleri kesebilir, delebilir ve malzeme yüzeylerini işleyebilir.

Son yıllarda lazer teknolojilerindeki hızlı gelişim, lazerlerin dalgaboyu, darbe süresi, enerjisi ve darbe frekansı gibi parametrelerini kontrol etme olanağı verir. Lazer ile malzeme işlemede en önemli parametre lazer darbesinin hedef ile etkileşme süresidir. Günümüzde darbe sürelerine göre milisaniye (10^{-3} s), nanosaniye (10^{-9}s), femtosaniye (10^{-15}s) attosaniye (10^{-18}s) lazerler üretilmiştir. Bir lazer darbesi katı bir hedefle etkileştiğinde, elektronlar lazer demetini soğurarak yüksek sıcaklıklara kadar ısınır. Elektron-fonon etkileşmesiyle sıcak elektronlar enerjilerini birkaç pikosaniyede malzemenin örgü yapılarına aktarır. Ancak femtosaniye darbe süreli lazerler ile yapılan işlemlerde darbe enerjisinin elektronlara aktarılması, enerjinin elektronlardan örgü yapılarına aktarılma süresinden çok daha kısadır. Bu özelliğiyle femtosaniye darbelere sahip lazerler; yüksek hassasiyette ve çok az ısısal zarar oluşturarak işlem görürler.

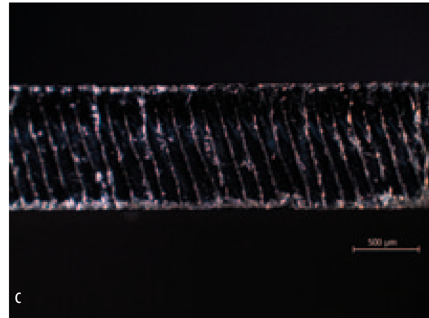
Lazerler işlem boyutlarına göre farklı sektörlerde tercih edilmektedir. Milisaniye lazerler özellikle sanayide gereksinim duyulan delme, kesme, kaynak süreçlerinde klasik tekniklere göre hızlı, temiz, hassas olması ve temas etmeden işlem görebilmesi nedeniyle tercih edilmektedir.

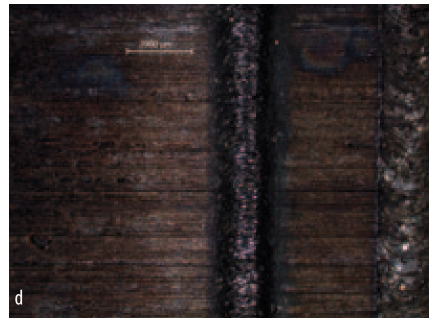
Lazer ile mikro düzeyde malzeme işleme yöntemi yarıiletkenler, elektronik, medikal, otomotiv, uçak ve haberleşme endüstrilerinde kullanılmaktadır. Lazer ile metallerin, seramiklerin, silikon ve polimerlerin kesip çıkartılma işlemi karmaşık bir işlemdir ve etkileşmenin kalitesini malzeme ve lazere ait işlem parametreleri



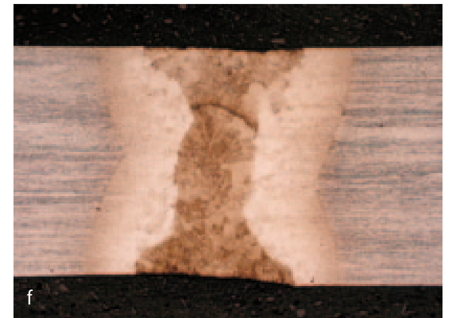


a) Darbeli Nd:YAG lazeri kullanılarak 10 mm kalınlığındaki seramik malzemelerde açılan delik,
b) 3 mm kalınlığındaki Ti6Al4V alaşımda açılan delik.









c) Darbeli Nd:YAG lazeri kullanılarak 0,5 mm kalınlığındaki paslanmaz çelik malzemelerin kesme işlemine ait kesit görüntüsü,
d) kesme işleminin üstten görünüşü,
e) Ti6Al4V titanyum alaşımların darbeli Nd:YAG lazer ile alın kaynak işlemi ve
f) kesit görüntüsü.



Optik sistemlerde kullanılmak amacı ile femtosaniye darbe uzunluklu lazer kullanılarak 200µm kalınlığındaki bakır levhaya açılmış 70 µm genişliğindeki yarık.



Femtosaniye darbe uzunluklu lazer kullanılarak paslanmaz çelik yüzeylerin işlenmesi sonucu oluşan su tutmazlık özeliği.

belirler. Kesip çıkartma işlemi, genellikle, buharlaşma ve eriyik atılması olaylarının birleşimidir. Lazer ile malzeme işlemede temel parametre darbe enerjisinin darbe süresine oranı olan darbe tepe gücüdür. Bu nedenle, mikro-boyutlu malzeme işlemede kısa darbeli lazer kullanımı en önemli gerekliliktir. Milisaniye lazerlere göre daha kısa darbe süresine sahip olan nanosaniye lazerler, hard-disk işlemleri, silikon tabaka işleme, IC tamiri, mikro-elektronik kesimleri, DRAM için UV baskı, delme yoluyla PCB, mürekkep püskürtmeli yazıcılar için delme, tıbbi cihaz üretimi, yakıt enjeksiyon ve filtre delikleri üretimi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yüksek frekans ve darbe başına yüksek enerjiye sahip femtosaniye lazer darbeleriyle malzemenin işlenmesi sırasında, anlık olarak çok yüksek güçler oluşturulur. Femtosaniye lazerlerle yapılan malzeme işlemede darbe süresinin kısa olması nedeniyle çok ince katmanların malzeme yüzeyinden kaldırılması mümkün olmaktadır. Günümüzde femtosaniye lazerlerin malzeme işlemede kullanılmasıyla üretimi yapılan malzemelerin boyutları nanometre (10^{-9}m) mertebelerine kadar indirilmiştir.

Femtosaniye lazerler çok geniş bir spektrumda farklı malzemeye yüzeyde herhangi bir ısısal zarar yaratmadan uygulanabilmekte ve darbe başına yaklaşık 20 nm derinlikte yapılar elde edilebilmektedir. Bu yapılardan biri de su-tutmaz yüzeylerdir. Su-tutmaz özellik, malzeme biliminde Lotus Etkisi ile açıklanır. Lotus etkisi nilüfer çiçeğinde gözlenen kendi kendini temizleme özelliğidir.

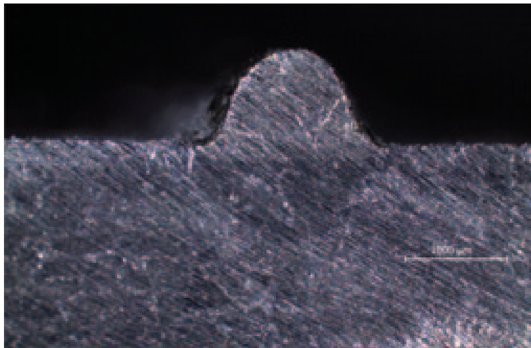
Lazer ile yüzey işleme su-tutmaz yüzeyler elde etme çalışmalarında gelecek vadeden bir teknik olarak ortaya çıkmıştır. Temas olmadan işlem yapabilmesi, hızlı ve kısa zamanlarda işlemi tamamlayabilmesi, çevreye uyumlu ve yüzeyler üzerine yapılan mikroyapıları maksimum düzeyde kontrol edebilmesi bu işlemi endüstri için çok çekici bir hale getirmiştir.

Lazerler malzeme işlemenin yanı sıra sağlık alanında da kullanılmaktadır. Lazer ile malzeme etkileşimi sırasında mekanik bir alette olduğu gibi temas yoktur. Mekanik etkilerin yol açtığı olumsuz etkileri içermemesi nedeniyle lazer cerrahi uygulamalarda da tercih edilir. Lazerler çok küçük bir noktaya odaklanabildiği için istenen nokta dışındaki bölgelere zarar vermez. Enfeksiyon oluşturmaz, sterilizasyon sağlar. Bu özelliklerinden dolayı cerrahi uygulamaların yanında diş hekimliğinde, göz tedavilerinde, kanserli dokuların yok edilmesinde, böbrek taşlarının kırılmasında kullanılır.

Son yıllarda tıp uygulamalarında vücut içerisine yerleştirilen metallerin (vücuda uyumlu olması nedeniyle özellikle titanyum), vücutta kaldığı sürece kemik oluşumunu hızlandırmak ve iyileştirmek üzere lazer ile yüzeyleri işlenmektedir. Lazer ile yüzeylerin pürüzlendirilmesi ile bu metaller yerleştirildiği bölgede kemik yüzeyine kolaylıkla tutunabilmektedir. Ayrıca yüzeyde bulunabilecek oksit tabakası ve organik kalıntılar da lazer ile işleme sırasında temizlenmiş olur.

Lazer ile 3 Boyutlu Malzeme Üretimi

Lazer ile üç boyutlu malzemelerin üretimi (lazer ile sinterleme) 2000'li yıllarda gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Seramik, paslanmaz çelik, titanyum ve alaşımları gibi malzemeler kullanılarak, 3 boyutlu yapıların üretimini sağlayan bir tekniktir. Bu teknoloji kullanılarak yazıcının kâğıt üzerinde satır satır bir metin oluşturması gibi, lazer ışınları ile katılaştırılan sıvı polimer veya özel metalik tozlar sayesinde üç boyutlu bir nesne tabaka tabaka inşa edilebilir. Kalıba ihtiyaç duyulmaksızın bilgisayar ortamında tasarlanan üç boyutlu nesneler, toz malzemelerin lazer ışınları ile tabaka tabaka katılaştırılmasıyla üç boyutlu ürünlere dönüştürülebilmektedir. Bu teknik ile prototip ürünler elde edilebildiği gibi, sanayide kırılan, çatlayan aletlerin onarımı için de kullanılmaktadır. Özelikle mekanik aşınmalar sonucu malzemelerde meydana gelen kayıplar, lazer kullanılarak gerekli noktalara yapılan dolgular ile giderilebilmektedir.





Kobalt ve nikel katkılı tozların lazerin demet yolu boyunca eritilerek malzeme yüzeyine yapıştırılması sonucu elde edilen dolgu.

<<<

Diş hekimliğinde lazer ile üç boyutlu malzeme üretim tekniğinin uygulandığı cihazların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dişlerin kaplanması sırasında kalıp alma, kalıbı kullanarak seramik yapı üretme süreçlerini değiştiren bu teknik sayesinde kaplamaların dişe uyumu artmıştır ve işlem süresi kısalmıştır. Gelecekte bu sistem, fotokopi makinelerinin veya yazıcıların geliştiği gibi bilgisayarda tasarlanan formların doğrudan evlerde veya ofislerde üretilebilmesini öngörüyor.

Darbeli Lazer ile Yığma

Malzeme yüzeyine odaklanan lazer, malzemeyi buharlaştırır. Buharlaşan malzeme hedef malzeme üzerine yapışarak ince bir film oluşturur. Bu teknik ile kısa sürede istenen kalınlıkta yüksek kalitede kaplamalar elde edilir.

Darbeli lazer ile yığma tekniği kullanılarak optik elemanlar (ayna, mercek) istenen özelliklerde ve kalınlıklarda kaplanabilir. Benzer şekilde bu teknik ile katkılı foto-katalitik film büyütme gerçekleştirilebilir. Güneş ve yapay UV ışınlarını en verimli şekilde kullanan foto-katalitik yapılar 2000'li yıllarda arındırma sistemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu arındırma sistemlerinin en başında gelen foto-katalitik yapılar, havadaki ve sudaki zararlı tanecikleri ayrıştırıcı, koku giderici, kendi kendini temizleyici ve anti-bakteriyel olarak kullanılabilirler.

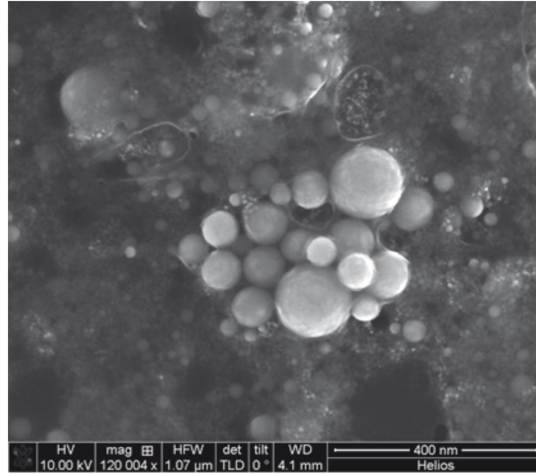


Farklı enerjilerde femtosaniye lazer darbeleri kullanılarak sıvı içinde üretilen altın nano-parçacıklar, parçacıkların boyutları 20-250 nm aralığında değişmektedir.

Lazer ile Nanoparçacık Üretimi

Lazer enerjisi kullanılarak nanoparçacık üretimi, lazer ile malzeme etkileşimi sırasında oluşan buharın tekrar yoğunlaşarak nano-boyutlu yapıların elde edilmesi işlemidir. Lazer aşındırma ile üretilen parçacıkların boyutları nanometre mertebelerinden mikrometre mertebelerine kadar değişebilir. Üretilen parçacıkların şekilleri ise tek küresel yapı halinde olabildiği gibi topaklanmanın etkisi ile oluşan düzensiz şekilli yapılar halinde de olabilmektedir.

Lazer aşındırma işlemi farklı birçok doğrusal olmayan mekanizma ile kontrol edilir. İlk olarak malzeme lazer ışını ile aydınlatılır. Malzeme yüzeyinden kütle elektronlar, iyonlar, atomlar, moleküller ve parçacıklar olarak koparılır. Tüm bu süreçler belli zaman ve konumda gerçekleşir. Lazer aşındırma işlemi 3 temel sürece ayrılabilir: bağların kırılması ve plazma yanması, plazma genişlemesi ve soğuma, parçacık çıkarılması ve yoğunlaşması.



Sıvı ortamında üretilen altın nano-parçacıkların Taramalı Elektron Mikroskop görüntüsü.

Darbeli lazer aşındırma tekniği ile geniş bir malzeme spektrumunda yüksek saflıkta nano-parçacık üretimi gerçekleştirilebilir. Femtosaniye darbe uzunluğuna sahip lazerler kullanılarak gaz ve sıvı ortamlarında nanoparçacık üretilebilmektedir.

Ülkemiz sanayi kuruluşlarında ve üniversitelerinde de lazerle malzeme işleme uygulamaları ve araştırmaları gerçekleştirilmektedir. Kocaeli Üniversitesi Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi (LATARUM) bu araştırma kurumlarından biridir. LATARUM'da lazer ile malzeme işleme çalışmaları, lazer ile oluşturulan plazmalardan yayılan ışınların spektroskopisi ve simülasyonu çalışmaları yürütülmektedir



Prof. Arif Demir 1968'de Yozgat'ta doğdu. ODTÜ Fizik Bölümü'nden 1991'de mezun oldu. "X-ışını lazer ortamlarının spektroskopik yöntemle araştırılması" konusunda 1994-1997 yılları arasında Essex Üniversitesi Fizik Bölümü'nde (İngiltere) çalıştı. Essex Üniversitesi'nden 1997'de Ph.D unvanı aldı. Halen, 1997 yılında göreve başladığı Kocaeli Üniversitesi Fizik Bölümü'nde ve 2004'ten beri de Kocaeli Üniversitesi Lazer Teknolojieri Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde çalışıyor. Temel araştırma alanları lazer ile malzeme işleme, spektroskopi, lazer ile ince film kaplama ve nano-parçacık üretimi.

Kaynaklar

E.Akman, "Ti6Al4V Titanyum Alaşımlarının Atımlı Nd:Yag Lazeri Kullanılarak Kaynak Edilmesi ve Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi" Y.L Tezi Kocaeli Üniversitesi 2006.
http://latarum.kocaeli.edu.tr/
C.Y. Chien, M.C. Gupta," Pulse Width Effect in Ultrafast Laser Processing of Materials", *Appl. Phys.* A 81, (2005) 1257–1263.
B.C. Stuart, P.S. Banks, M.D. Perry, M. D. Feit, R.S. Lee, F. Roeske, J.P. Armstrong, H.T. Hguyen, J.A.Sefcik. "Femtosecond laser Materials Processing", *Lawrence Livermore National Laboratory,* UCRL-JC-126901 Rev 1 PREPRINT.
M.N.W. Groenendijk, J. Meijer, "Surface Microstructures obtained by Femtosecond Laser Pulses". *CIRP Annals - Manufacturing Technology,* Vol 55, Issue 1 (2006) 183-186.
C.S. Lim, M.H. Hong, A.S. Kumar, M. Rahman, X.D. Liu, "Sub-micron surface patterning by laser irradiation through microlens arrays" *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 46 (2006) 552.
M.F. Chen, Y.P. Chen, W.T. Hsiao, Z.P. Gu, *Thin Solid Films* 515 (2007) 8515.
G.R.B.E. Romer, A.J. Huis in't Veld, J. Meijer, M.N.W. Groenendijk, "On the formation of laser induced self-organizing nanostructures", *CIRP Ann.-Manuf. Technol.* 58 (2009) 201.
H.E. Gotz, M. M. uller, A. Emmel, U. Holzwarth, R.G. Erben, R. Stangl, "Effect of surface .nish on the osseointegration of laser-treated titanium alloy implants", *Biomaterials* 25 (2004) 4057-4064.
D. Starikov , C. Boney , R. Pillai, A. Bensaoula , G.A. Shafeev, A.V. Simakin, "Spectral and surface analysis of heated micro-column arrays fabricated by laser-assisted surface modification", *Infrared Physics & Technology* 45 (2004) 159.
M. Bereznai,, I. Pels . oczi, Z. Toth, K. Turzo, M. Radnai, Z. Bor, A. Fazekas, "Surface modifications induced by ns and sub-ps excimer laser pulses on titanium implant material", *Biomaterials* 24 (2003) 4197–4203.

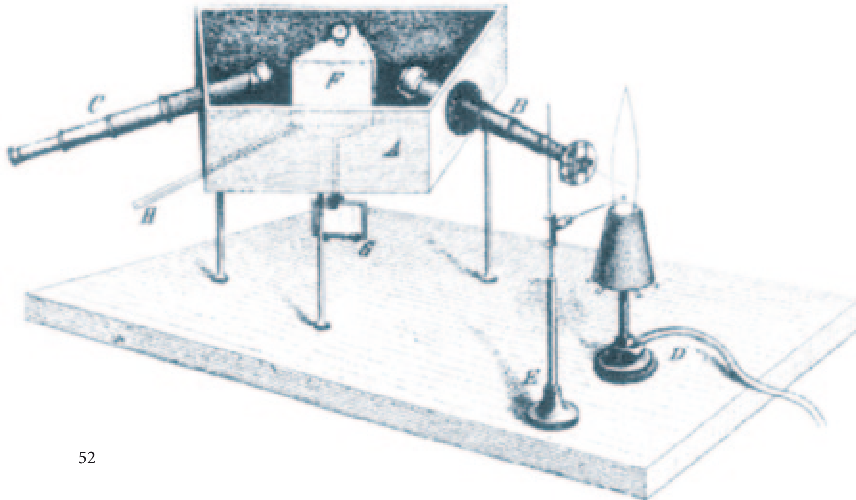
Lazer Kimyası ve Spektroskopi

Mutfakta yanan ocağa bir çimdik sofra tuzu attığınızda sarı ışık parlaması görürsünüz. Bu sarı ışık, sodyum atomlarında, alevin etkisiyle üst enerji seviyesine çıkan elektronların, düşük enerji seviyesine dönerken yaydığı ışıktır.

Spektroskopinin Kısa Tarihi

Günümüz modern kimyagerleri, istedikleri özelliklere sahip yeni malzemeler sentezlemeye odaklanmıştır. Oysa bir zamanlar insanlar her gün çevrelerinde gördükleri malzemelerin hangi atomlardan oluştuklarını bilmiyorlardı. Bu "karanlık çağ", Isaac Newton'un 1666 yılında beyaz ışığı bir prizmadan geçirerek renklere ayırmasını takiben büyük bir ivmeyle aydınlanmaya başladı. Artık, gökkuşağını görmek için yağmur sonrası açan güneşi beklemek gerekmiyordu. Spektrum (veya tayf) adı verilen bu görüntüde, ışık dalgaboyuna (veya renklerine göre) ayrılmıştı. Bir CD veya DVD nin arka yüzüne belirli bir açıda bakarsanız siz de ayrışan renkleri görebilirsiniz. Önce, güneş ışığının kızılaltı (W. Herschel-1800) ve morötesi (J.W. Ritter-1801) bölgelere kadar uzandığı gerçeğine ulaşıldı. Daha sonra, Joseph Fraunhofer 1814 yılında güneş ışığını dağıtarak renklerine ayırdığında, çok sayıda karanlık çizgiyle karşılaştı. Bu çizgilerin, güneşteki elementlerin soğurduğu dalgaboyları olduğunun anlaşılması için daha çok zaman geçmesi gerekecekti. Ancak, Farunhofer'in teleskopla yıldızlardan ve gezegenlerden gelen ışınları toplayıp incelemesi, astrofizik biliminin başlangıcı olarak kabul edilebilir. Geçen yıllarla beraber, onlarca bilim insanı alev ve kıvılcımlardan yayılan ışıkları incelemeye başladı. Özellikle, Bunsen ve Kirchhoff'un 1850'lerin son yarısında başlayan ortak çalışmaları önemli sonuçlar doğurdu. Bugün bile laboratuvarlarda kullanılan "Bunsen beki" adı verilen gaz ocağı ve spektroskop adı verilen cihaz icat edildi. Spektroskopta incelenmek istenen malzeme toz halinde bunzen bekinde yakılıyor, yayılan ışık toplanarak prizmadan geçiriliyor ve renklerine ayrıştırılıyordu. Görüş açısı dar olan bir teleskop da prizmadan dağılarak çıkan ışığı gözlemlemek için kullanılıyordu.

Böylece, sıcak gazdan yayılan ışığın hangi dalgaboylarında oluştuğu tespit ediliyordu. Analitik kimyanın başlangıcı olan bu buluş her elementin yaydığı ışığın aslında farklı dalgaboylarından oluştuğunu ortaya koydu. Artık, benzer renkte ışık yayan farklı maddeler bile, ışığın prizmadan geçirilmesiyle incelenerek, ayırt edilebilirdi. Kirchhoff, ayrıca gazların yaydıkları ışıkla aynı dalgaboyundaki ışığı soğurduklarını da ortaya koydu. Sonunda, Fraunhofer'in gözlemlediği siyah çizgilerin güneşteki elementlerin ışığı soğurması nedeniyle oluştuğu gerçeği açıklık kazanmıştı. Bunsen ve Kirchhoff, sistematik bilimsel metodlarıyla Sezyum ve Rubidyum elementlerini keşfetmekle kalmamış, aynı zamanda spektroskopinin de temellerini atmışlardı.



Bunsen ve Kirchhoff'un spektroskop cihazı ve bunzen beki. Numune, örnekleme çubuğu (E) yardımıyla bunzen bekinde (D) yakılır. Yayılan ışık (B) teleskopuyla toplanarak (F) prizmasından geçirilir. (C) teleskobuyla dalgaboylarına ayrılan ışık incelenir. Prizmanın (G) koluyla çevrilmesiyle, dalgaboyları taranır.

Soğurma ve Işıma

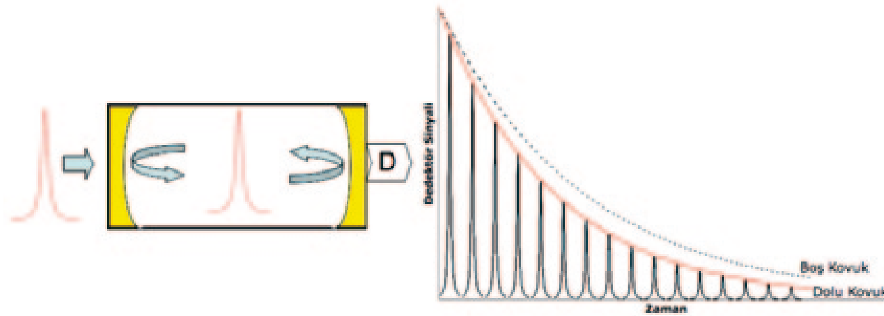
Geçen yüzyılın başında kuantum mekaniğinin ortaya çıkmasıyla spektroskopik gözlemler artık kuramsal olarak da açıklanabiliyor. Atom ve moleküllerde sürekli değil, kesikli enerji seviyeleri vardır. Sistemdeki bir elektron sadece belirli enerjilere sahip olabilir. Bir enerji seviyesindeki elektron, uygun bir üst seviyeye geçebilmek için, aradaki enerji farkını taşıyan bir ışık fotonunu soğurur. Bu etki altında oluşan, dalgaboyuna bağlı soğurma değişimine soğurma spektrumu adını veriyoruz. Renkleri soğurma spektrumuyla açıklayabiliriz. Beyaz renk, kısadan uzun dalgaboyu sırasında, mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renklerin karışımından oluşmuştur. Bir madde bu dalgaboylarından birisini soğurursa, maddeden soğurulmadan yansıyan diğer dalgaboyları onun rengini belirler. Örneğin, havuçta beta-karoten adı verilen molekül mavi-mor renkli ışığı soğurduğu için havuç, yansıyan renklerin karışımı olan, turuncu renkte görünür.

Foton soğurmasını takiben elektron üst enerji seviyesine çok kısa sürede çıkar. Ne var ki, daha düşük enerjideki eski durumuna dönmek zorundadır. Bunun gerçekleşmesi için, aradaki enerji farkı kadar bir ışık fotonu yaymak zorundadır. Gerçi bazı hallerde, ışık yaymadan inmesi de mümkündür. İşte, sıcak gazlardan yayılan ışığın sırrı buradadır. Bu olaya da ışınım (floresan veya emisyon) spektroskopisi adı veriyoruz. Örneğin, mutfakta yanan ocağa bir çimdik sofra tuzu attığınızda sarı ışık parlaması görürsünüz. Bu sarı ışık, sodyum atomlarında, alevin etkisiyle üst enerji seviyesine çıkan elektronların, düşük enerji seviyesine dönerken yaydığı ışıktır.

Lazerin Spektroskopi İçin Avantajları

Spektroskopi, hem hangi dalgaboyunun soğurulduğu bilgisiyle malzemenin yapısı hakkında bilgi verir, hem de ışığın ne kadar soğurulduğu bilgisiyle malzemenin mutlak miktarını belirler. İki enerji seviyesi arasındaki geçiş, sadece bu iki enerji seviyesi arasındaki farkı taşıyan fotonun soğurulmasıyla oluşur. Sadece bu dalgaboyundaki fotonları yayan bir kaynak son derece büyük avantaj yaratmaktadır.

Artık her yerde bulunabilen 0,005 Watt'lık işaretleyici yeşil lazerden saniyede çıkan foton sayısı, 100 Watt'lık bir ampülün, spektrumun aynı bölgesinde saniyede yaydığı foton sayısının neredeyse dört katıdır. Dağılmadan yayılan bu yüksek parlaklık, klasik ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilemeyen spektroskopi uygulamalarını mümkün kılmıştır. Gelin, sadece lazerlerle gerçekleştirilen spektroskopi uygulamalarından bazılarına göz atalım.



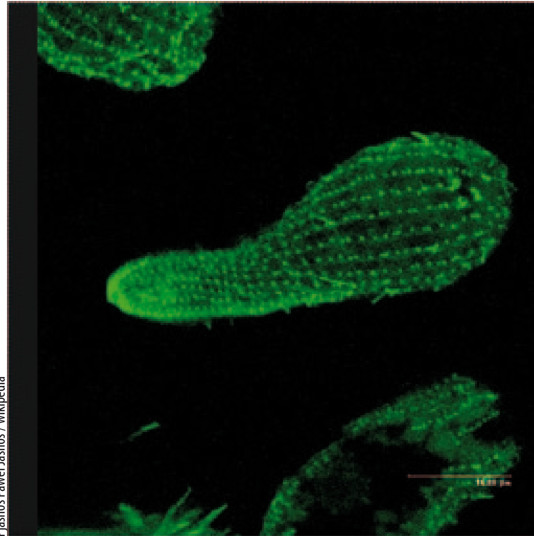
Kovuk çan sönümlenmesi spektroskopisinin genel prensibi. İki ucunda yüksek yansıtma özelliği olan tüpün (kovuğun) içine lazer atımı gönderilir. İki uç arasında gidip gelen atımın aynadan geçen miktarı dedektörle (D) ölçülür. Dedektör sinyali, atımın her turundan sonra azalacaktır. Sinyalin azalma hızı, kovuğun boş veya bu dalgaboyunu soğuran bir gazla dolu olmasına bağlıdır.

Soğurma spektroskopisinde, belirli bir dalgaboyu için, numuneye gönderilen ışık şiddetiyle, numunenin içinden soğurulmadan geçen ışık şiddetinin oranından, malzemenin miktarı bilgisine ulaşılır. Işık ortamda ne kadar uzun yol alırsa soğurulma da o kadar fazla olacaktır. Ne var ki kimi zaman, son derece az miktarlardaki kimyasalların varlığının tespit edilmesi gereken durumlar olabilir. Örneğin, mikroçiplerin üretildiği bir fabrikada ortamdaki su buharı miktarının olabildiğince düşük tutulması ve bunun ölçülerek takip edilmesi gerekir. Su buharı miktarı son derece az olduğu için, normal ışık kaynağı için, gelen ışıkla, soğurulmadan geçen ışık şiddetleri arasındaki farkı tespit etmek, makul uzunluklarda (örneğin 1m) imkansızdır. Bu problem, lazer kullanılarak çözülmüş ve iki yöntem geliştirilmiştir. Birinci yöntemde, su buharı miktarı ölçülmek istenilen gaz numunesi, her iki ucunda yüksek yansıtma özelliğine sahip birer ayna olan bir tüpün (yaklaşık 1m) içine konulur. Lazer ışını, uçlardaki iki ayna yardımıyla, dağılma olmaksızın, defalarca gaz numunesinin içinden geçirilir. Böylece, lazer ışığı gazın içinde yüzlerce hatta binlerce metre yol kat etmiş olur; çok az miktarda su buharının ışığı soğurmasından kaynaklanan fark tespit edilebilir hale gelir. Bu, 'kovukta güçlendirilmiş soğurma spektroskopisi' tekniğidir. İkinci yöntem ise benzer bir düzenek kullanırken aynaların yansıtma özelliklerinin yüzde yüz olmamasına dayanır. Aynaya çarpan lazer ışınının büyük bir kısmı geri yansırken,çok küçük bir kısmı aynadan geçer. Düzeneğin içine bırakılan bir lazer atımı aynalar arasında gidip gelirken her yansımada oluşan kayıptan dolayı şiddetini zamanla yitirir. Bu olayı iki duvar arasında sürekli gidip gelen ama her çarpma sonucu biraz küçülen tenis topuna benzetebiliriz. Aynalardan birinin arkasına koyacağımız bir dedektör, her tur sonrası aynadan dışarıya sızan ışık miktarının azaldığını gösterecektir. Eğer tüpün içinde bu dalgaboyundaki lazer ışığını soğuracak bir gaz molekülü varsa, dedektör sinyali çok daha hızlı azalacaktır. Bu da, 'kovuk çan sönümlenmesi soğurma spektroskopisi' tekniğidir. Aynadan sızan lazer ışığının ne kadar hızlı azaldığı ölçülerek tüpün içerisinde bulunan çok az miktardaki su buharını tespit etmek mümkün olacaktır. Bu yöntem, 1 milyar gaz molekülü arasındaki tek bir su molekülünü tespit edecek hassasiyete ulaşmıştır.



Yrd. Doç. Dr. Özgür Birer, 1998 yılında Bilkent Üniversitesi Kimya Bölümünü'nden mezun oldu. 2000 yılında yine aynı bölümde yüksek lisansını tamamladı. Doktorasını Fiziksel Kimya dalında Princeton Üniversitesi'nde yaptı. 2007-2008 yıllarında doktora sonrası araştırmacı olarak Ruhr Üniversitesi'nde çalıştı. Halen Koç Üniversitesi Kimya Bölümü'nde çalışıyor.

Işınım spektroskopisinde de lazerin yarattığı avantajlar büyüktür. Bir numuneden yayılan ışık miktarı, onun başlangıçta ne kadar ışık soğurduğuna bağlıdır. Bu nedenle parlaklığı yüksek ve dağılmayan kaynak kullanmak, erişilmesi zor yerlerde kimyasal analiz yapmayı sıradan bir iş haline getirir. Örneğin, bir jet motorunun eksozundan çıkan sıcak gazların kimyasal analizini yapmak isteseydik, lazer ışığını egzoz çıkışında istediğimiz bölgeye odaklayıp, yayılan ışığın spektrumuna bakmamız yeterli olacaktır. Lazer kullanılarak yapılan floresans görüntüleme mikroskopisi biyologlar tarafından kullanılan en önemli yöntemlerden birisidir. Artık, moleküler biyoloji laboratuvarları, floresan özelliği olan proteinleri sentezleme ve bunları asıl çalışılan proteinin yapısına katma kapasitesine erişmiştir. Bunun mümkün olmadığı durumlarda, hedef proteine bağlanan floresan boya molekülleri kullanılabilir. Lazer ışınının, hazırlanan numune üzerinde odaklandığı ve sadece o odak noktasından yayılan floresan ışığının toplandığı bir mikroskopta görüntüleme yapılır. Odak noktasının numune düzlemine dik yönde kaydırılmasıyla numunenin belirli yüksekliklerde kesit görüntüleri elde edilir. Bilgisayar ortamında bu görüntülerin birleştirilmesi sonucu, numunenin 3 boyutlu floresan görüntüsü oluşturulur. Böylece, çalışılan proteinin, hücrede hangi organelde olduğu veya hangi bölgede toplandığı tespit edilebilir.



Konfokal lazer mikroskobunda, yeşil floresan özelliği olan protein ile işaretlenmiş anti-beta tubulin antikorlarının Tetrahimena hücresinde görüntülenmesi.

Pjasnos Pawel Jasnos / wikipedia

Lazer Saçılmaları

Soğurma ve ışınım olayları, yüksek olasılıklara sahip oldukları için 1850'den beri normal ışık kaynaklarıyla bile gözlemlenebilmekteydi. Ne var ki, ışığın moleküllerle girdiği, ancak gerçekleşme olasılıkları çok düşük olan başka etkileşimler de vardır. Bu etkileşimler, ancak lazer gibi çok parlak bir ışık kaynağı kullanıldığı zaman pratik olarak uygulanabilir hale gelmektedir. Bu etkileşimlerin başında, ışığın moleküllere çarparak herhangi bir yönde dağılması şeklinde gerçekleşen saçılma olayı gelmektedir. Işığın çarptığı kütlenin büyüklüğü arttığında olay çıplak gözle görülür hale gelebilir. Örneğin, filmlerde gördüğümüz lazerli güvenlik sistemlerinde, lazer ışığı görünsün diye ortama parçacıklar içeren bir miktar duman bırakılır. Buna karşın, saçılma işlemi moleküllerden kaynaklandığı zaman, değil çıplak gözle görmek lazer kullanmadan detektörlerle tespit etmek bile oldukça zordur. Mie ve Rayleigh saçılma kuramlarıyla, lazer ışığının hangi yönde ne kadar saçıldığını tespit ederek büyük moleküllerin boyutlarını ve şekillerini belirlemek mümkündür. Klasik saçılma olayından çok daha düşük olasığa sahip başka bir etkileşimde, saçılan ışığın dalgaboyunda, gelen ışığa göre küçük kaymalar kaydedilebilir. Bu olay, 1928'de keşfi yapan ve bu keşfinden dolayı 1930 yılında Nobel Fizik Ödülü'nü alan C.V. Raman'ın adıyla anılmaktadır. Raman saçılmasındaki dalgaboyu kaymaları, bir molekülde hangi atomun hangi atoma bağlanmış olduğuyla ilgili bilgi sağlamaktadır. Bilinmeyen numunelerin tanımlanmasında kullanılan Raman saçılması, modern kimya laboratuvarlarında lazer kullanımında en sık başvuran analitik yöntemlerden birisidir.

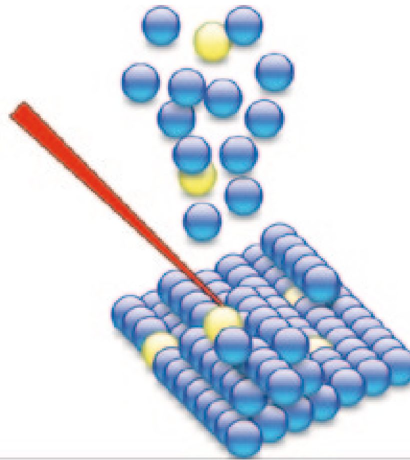
Lazer Destekli Parçalama

Lazerin yüksek parlaklığı, bir numunenin çok fazla ışık soğurmasına, dolayısıyla numunede çok kısa zaman içinde çok fazla enerji depolanmasına neden olabilir. Bazı numuneler bu kadar hızla artan enerjiye dayanamayarak parçalanabilirler. Bu, aslında istenmeyen bir durum gibi görünse de özellikle tercih edilebilir olduğu durumlar da vardır. Örneğin, herhangi bir elementin tek bir atomu ile bir gramlık kütlesi arasında fiziksel ve kimyasal özellikler açısından farklılıklar olduğunu biliyoruz. Bu durumda, bir kaç veya bir kaç bin veya bir kaç milyon atomdan oluşan kütleciklerin özelliklerini çalışmak istersek, bunları nasıl oluşturacağız? Nanoteknolojinin temellerini atan bu yöntemde, atımlı (darbeli) lazer ışını katı maddenin üzerinde odaklanarak küçücük bir alanın sıcaklığının çok kısa sürede çok yüksek değerlere çıkması sağlanır. Gerçekleşen mini patlamayı takiben, bu sıcak noktadan farklı büyüklüklerde kütlecikler katı yüzeyden ayrılarak gaz fazına geçerler. Laboratuvarda bu kütlecikleri ağırlıklarına göre ayrıştı-

rıp çeşitli özelliklerini çalışmak mümkündür. Bu yöntemle farklı büyüklükte metal, yalıtkan veya yarı iletken malzemelerden kütlecikler üretmek mümkün hale gelmiştir. Karbonla yapılan deneyler sonucu yeni bir allotropu olan C_{60} keşfedilmiş ve bu çalışma 1996 yılında Nobel Kimya ödülüne layık görülmüştür. Ayrıca, lazer sadece çok küçük bir noktaya zarar verdiği için, günümüzde tarihi eserlerin, arkeolojik buluntuların ve sert jeolojik numunelerin analizinde de kullanılıyor. Biyolojik örnekler veya polimerler ise çok daha yumuşak malzemelerdir. Bu malzemeleri aynı şekilde inceleseydik, moleküller parçalanır ve yapıyla ilgili bütün bilgi kaybolurdu. Bu nedenle, incelemek istediğimiz numuneyi, ışığı daha fazla soğuran ve numunenin yapısını etkilemeyecek başka bir malzemenin içine yerleştiririz. Matriks adı verilen bu malzemenin atımlı lazer ışınlarıyla vurulması sonucu, içindeki numune de fazla parçalanmadan matriksle beraber gaz fazına geçer. Bu teknik Koichi Tanaka'ya 2002 Nobel Kimya Ödülü'nü getirdi. Bu iyonlaşma yöntemi, moleküler biyologların proteinlerin yapılarını bulmak amacıyla kullandıkları en önemli tekniklerden birisidir.

Çok Hızlı Lazerler ve Spektroskopi

Kimyasal reaksiyonlarda, tepkiyenlerin ürünlere dönüşmesi sırasında, bir geçiş hali kompleksi oluşur. Bu kompleksin reaksiyon süresinde ne zaman oluştuğu, yapısının tepkiyenlere mi yoksa ürünlere mi daha çok benzediği, fiziksel kimyanın her zaman cevap aradığı sorular arasındadır. Bu sorular, ancak reaksiyonun çok hızlı bir kamerayla görüntülenmesiyle cevaplanabilirdi. Spektroskopi açısından hızlı kamera çok kısa süreli atıma sahip lazerlerin geliştirilmesi ve kimyasal reaksiyonların izlenmesi anlamına geliyordu. Bu hedef, femtosaniye atımlı lazerlerin geliştirilmesiyle ve fiziksel kimya araştırmalarında kullanılmasıyla gerçekleşti. Ve 1999 Nobel Kimya Ödülü kimyasal reaksiyonlardaki geçiş hallerini femtosaniye spektroskopisiyle araştıran Ahmed Zewail'e verildi. Artık, basit kimyasal reaksiyonların an ve an kimyasal resimlerini çekmek mümkün hale gelmişti. Bu gün ayrıca, büyük moleküllerde kısa sürelerde gerçekleşen değişiklikleri bu hızlı yöntemle takip edebiliyoruz. Örneğin bir protein molekülünün ortamın asiditesi veya sıcaklığı değiştiğinde şeklini nasıl ve ne kadar çabuk değiştirdiğini takip etmek, bize molekülün yapısı ve dinamiği hakkında ipuçları vermektedir.

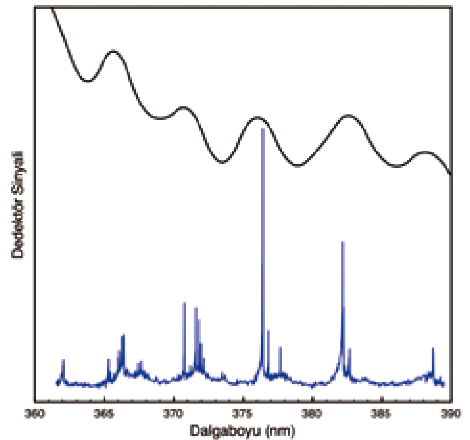


Matris destekli lazerle yüzeyden ayırma ve iyonlaştırma (MALDI) tekniği. Gaz fazında incelenmek istenilen biyomolekül veya polimer zinciri, bir matrisin içine yerleştirilir. Atımlı lazerle vurulan bu karışım, odak noktasındaki yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle mini bir patlamayla gaz fazına geçer.

Femtosaniye lazerler, atım sürelerinin kısa olmasından dolayı çok yüksek atım güçlerine (çok kısa zamanda çok yüksek sayıda fotona) erişebilirler. Bu durum, gerçekleşme olasılığı yukardaki olaylardan çok daha zayıf süreçlerin gerçekleşmesine olanak verir. Örneğin kuramsal olarak bir molekülün elektronları, bir yerine aynı anda iki foton soğurarak, toplam enerji farkına karşılık gelen bir enerji seviyesine geçebilir. Ancak, 1931'de bu olayı inceleyen Maria Goeppert-Mayer, yeterli güçte bir ışık kaynağı olmadığı için, iki foton soğurulmasının pratikte mümkün olmadığı sonucuna varmıştır. Maria Goeppert-Mayer, atom çekirdeği üzerine yaptığı çalışmalarından dolayı 1963 Nobel Fizik Ödülünü aldı. Marie Curie'den sonra Nobel Fizik Ödülünü alan ikinci kadın oldu. İki foton soğurma arakesitinin birimi kendisinin onuruna Goeppert-Mayer (GM) dir. Fakat bu tarihten 30 yıl sonra lazerin icadıyla, bu olayın mümkün olduğu gösterilmiştir. Bir 30 yıl daha sonra, 1990 da, iki foton soğurulmasıyla, mikroskopta normalin çok üzerinde çözünürlükte floresan görüntüsü elde edilmiştir. Olayın gerçekleşmesi için gereken foton yoğunluğu, odaklanmış bir lazer ışını alanının sadece çok küçük bir kısmında mevcuttur. Bu fark, elde edilen görüntünün çözünürlüğünde, kırınım sınırının üzerinde, olağanüstü bir artışa neden olmuştur.

Bitirirken

Lazerin icadıyla beraber spektroskopi teknikleri hızla gelişmiş, gerek hassasiyet gerekse çözünürlük bakımından üstünlükler geliştirmiştir. Bu yazıda, lazerin yarattığı avantajların en yaygın olarak kullanılanlarına değinmeye çalıştık. Bunlardan başka daha onlarca modern spektroskopi tekniği, bir veya birden fazla lazer kullanarak moleküller hakkında ipuçları sağlamaya devam ediyor. Bu teknikler, bu gün henüz sadece belli laboratuvarlarda kullanılıyor olsa da, yakın bir gelecekte, analitik cihazların gelişmesiyle birlikte kullanımları daha yaygın hale gelecektir.

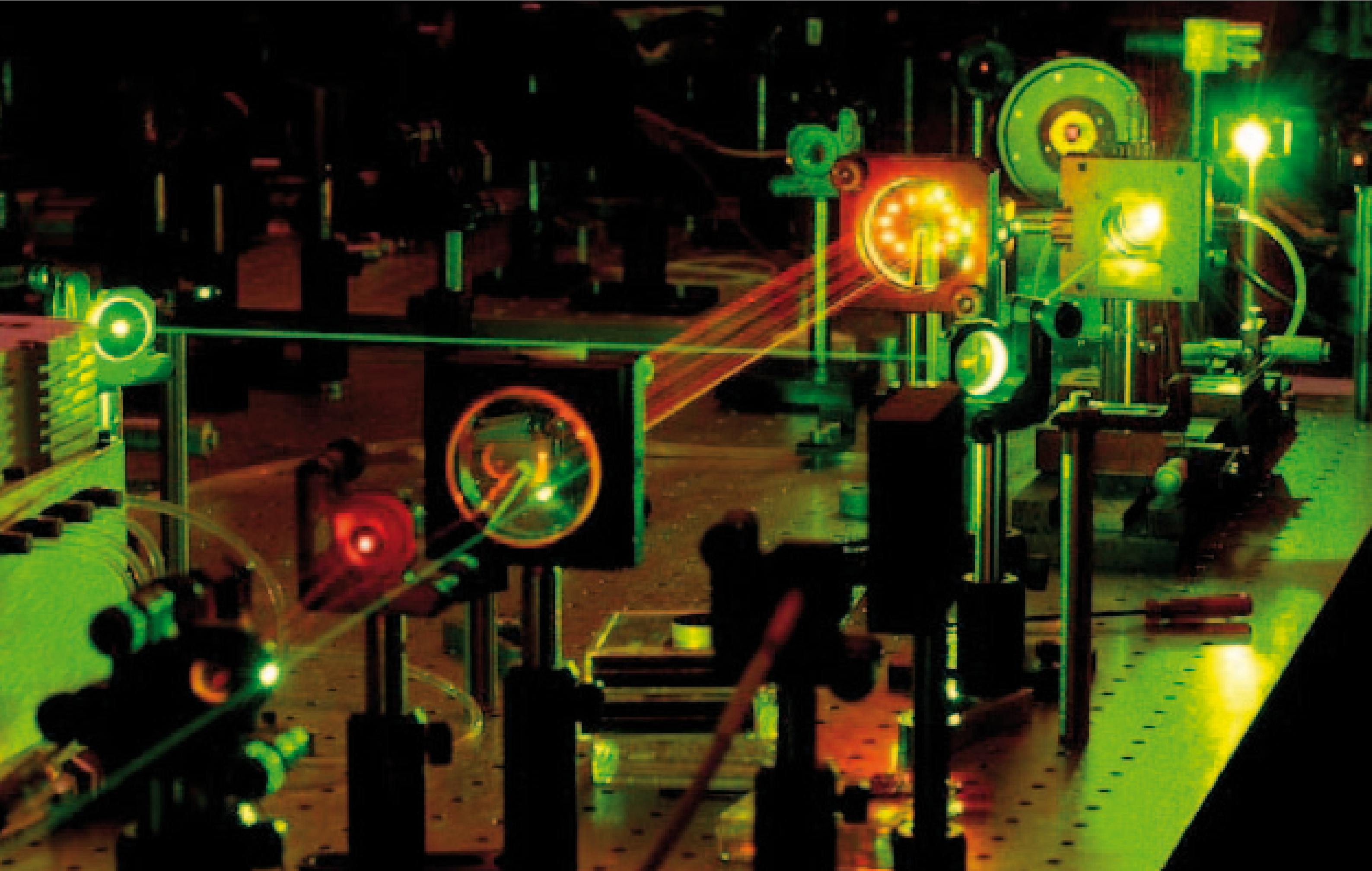


Bifenilen molekülünün gaz fazında beyaz ışık kaynağıyla çekilmiş soğurma spektrumu (siyah) düşük çözünürlüğe sahiptir. Molekül, özel bir yöntemle -272.75 santigrat dereceye soğutulduktan sonra, lazer kullanılarak kaydedilen spektrumunda (mavi), çözünürlük artmış, daha önce tespit edilemeyen yapılar ortaya çıkmıştır.

Alphan Sennaroğlu

Katıhal Femtosaniye Lazerleri

Femtosaniye lazerleri, uzunluğu femtosaniye (1 femtosaniye=10^{-15} saniye, bir başka değişle saniyenin katrilyonda veya 1000 trilyonda birine karşı gelen zaman aralığı) mertebesinde olan optik darbe üretiminde kullanılır. Bu tür lazerlerin kullanım alanları arasında, biyomedikal görüntüleme, çok hızlı fotokimyasal olayların ölçümü, hassas malzeme işleme, faz uyumlu x-ışını üretimi ve metrolojik uygulamalar (örneğin hassas frekans ve zaman ölçümü) yer almaktadır. Geçtiğimiz 50 yıllık dönemde, yeni femtosaniye lazerlerinin geliştirilmesi, fotonik konusunun önemli alt dalları arasında her zaman yer almıştır. Bunun başlıca nedeni, birçok teknolojik ve bilimsel uygulamada, belli bir dalgaboyunda çalışan ve kısa süreli darbe üretebilen lazer sistemlerine gereksinim duyulmasıdır. Örneğin, biyomedikal doku gö-



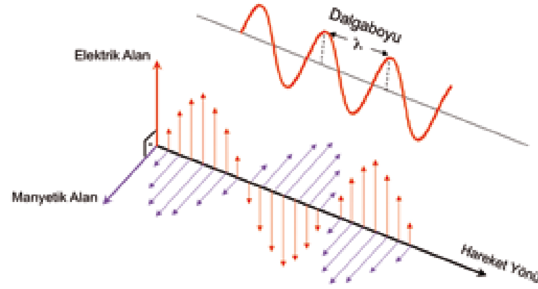
>>>

rüntülemeden bir örnek verecek olursak, kullanımı artmakta olan çok foton mikroskopisi sistemlerinde, yakın kızılaltı dalgaboylarında (800-1400 nm) çalışan lazerler kullanıldığında, doku içerisindeki saçılmanın en aza indirgenebildiğini, daha yüksek çözünürlükte ve derinden görüntü alınabildiğini görüyoruz. Ayrıca, bu sistemlerde, çok foton soğurma verimini yüksek tutmak için, yeğinliği (şiddeti) yüksek olan lazer ışınımı tercih edilmektedir. Bu talepten dolayı, yakın kızılaltı bölgesinde çalışan verimli, düşük maliyette femtosaniye lazerlerinin geliştirilmesi konusunda yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Femtosaniye darbe üretmek için katı, sıvı veya gazdan oluşmuş optik kazanç ortamları kullanmak mümkündür. Ancak, pratik uygulamalarda kullanılacak lazer sistemlerinin kimyasal kararlılık, uzun çalışma ömrü, mekanik dayanıklılık gibi özelliklere de sahip olması tercih edilir. Bu şartları sağlayabilen sistemlerin başında yarıiletken, fiber ve katıhal lazerleri gelmektedir.

Bu yazımızda, femtosaniye katıhal lazerlerinin genel özelliklerini, çalışma prensiplerini ve tasarım esaslarını ele alacağız. Femtosaniye lazerlerinin ayrıntılarına girmeden önce, lazerlerin değişik çalıştırılış durumları konusuna kısaca değinelim. Lazerler, ürettikleri ışığın zamanla değişimine göre iki gruba ayrılır: Sürekli-dalga lazerleri ve darbeli lazerler. Sürekli-dalga lazerlerinden elde edilen güç, zamana göre yaklaşık olarak sabit kalır. Yaklaşık, çünkü önlenemeyen gürültü kaynaklarından dolayı çıkış gücünde az da olsa daima salınımlar olabilir. Oysa, darbeli lazerlerde, üretilen ışık kısa süreli darbeler şeklinde rezonatörden çıkar. Değişik yöntemler kullanarak lazerlerden ışık darbeleri üretmek mümkündür. Femtoseniye süreli darbe üretmek için kip kilitleme adı verilen yöntem kullanılır. Kip kilitli femtosaniye lazerleri ile tepe güçleri kiloWatt (10^3 W) ile petaWatt (10^{15} W)[7] aralığında olan darbeler üretilebilir. Kip kilitleme yönteminin ayrıntılarına geçmeden önce, ışığın elektromanyetik dalga özelliklerine ve genel lazer mimarisine kısaca bakalım.

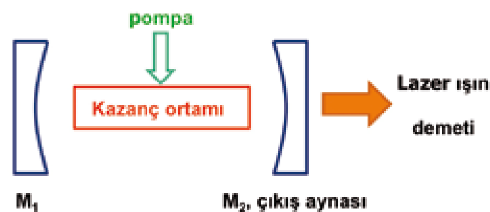
Işığın Elektromanyetik Dalga Özellikleri

Klasik elektromanyetik kuramından da bildiğimiz gibi ışık ilerlerken dalga özellikleri gösterir. Buna göre, ışık dalgaları, birbirine dik olan ve hem zamanla hem de konumla değişen elektrik ve manyetik alanlardan oluşur. Elektromanyetik dalga adı verilen bu dalgalar boşlukta 3×10^8 m/s hızında ilerler. Bir başka değişle, 1 saniyede 300,000 km kat ederler. Yine bu hızın ne kadar büyük olduğunu görmek için şu çarpıcı örneğe bakalım. Dünya'nın ekvator çevresi 40,000 km'dir. Işık hızında hareket eden bir elektromanyetik dalga bir saniyede, Dünya çevresinde yaklaşık 7 döngü tamamlayabilir.

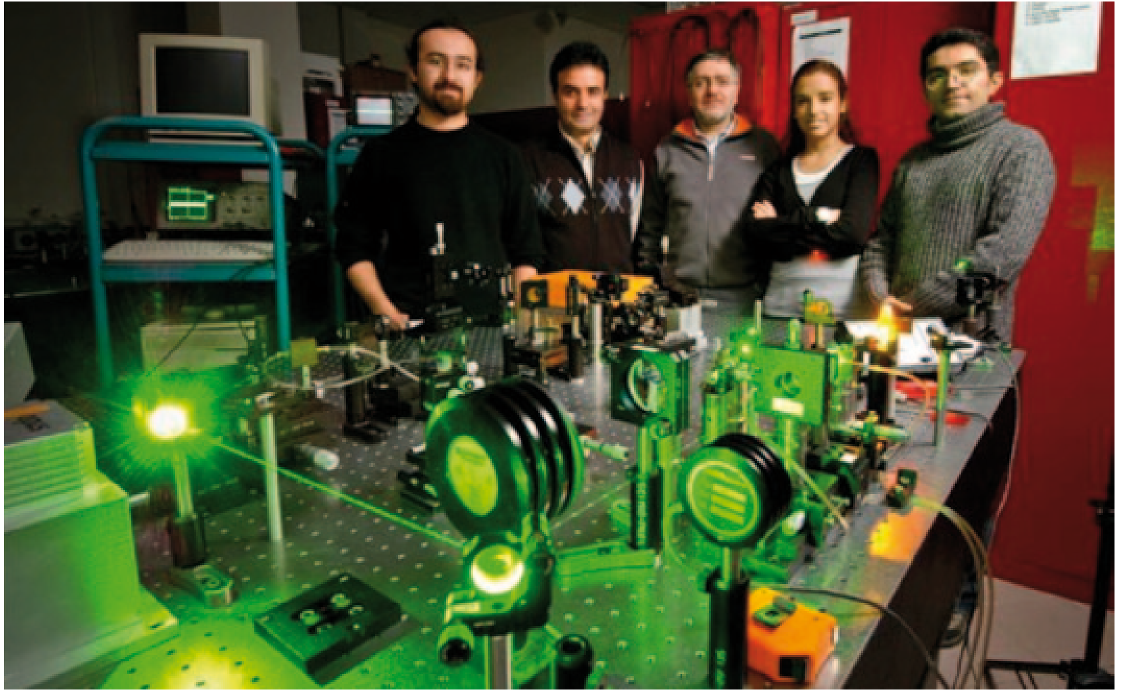


Şekil 1. Boşlukta hareket eden bir elektromanyetik dalga için elektrik ve manyetik alanlarının konuma göre değişimi. Dalga şeklinin tekrarlandığı en küçük mesafeye dalgaboyu (λ) denir.

Boşlukta, böyle bir dalganın hareket yönü, elektrik ve manyetik alan yönlerine de diktir. Şekil 1'de, boşlukta hareket eden bir elektromanyetik dalga için, alanlarının belli bir andaki konuma göre değişimi gösterilmiştir. Buradan da görüleceği gibi, dalganın şekli belli bir mesafeden sonra periyodik olarak tekrarlamaktadır. Dalga şeklinin tekrarlandığı en küçük uzunluğa dalgaboyu (λ) adı verilmektedir. Sabit bir konumda duran bir gözlemci, hareket eden dalganın birim zamanda f tane tam salınımının yanından geçtiğini görecektir. *f*'ye frekans adı verilmekte ve Hertz birimiyle ölçülmektedir. Boşlukta, frekans (f) ve dalgaboyu (λ) arasındaki ilişki, $c = f\lambda$ denklemiyle verilir. Burada *c* ışığın boşluktaki hızıdır. Görünür bölgedeki farklı renkler, farklı dalgaboylarına sahip elektromanyetik dalgalara karşılık gelmektedir. Örneğin mavi ışığın ortalama dalgaboyu 400-450 nanometre (1 nanometre=10^{-9} metre, yani bir metrenin milyarda biri) civarındayken, kırmızı ışığın dalgaboyu 650 nanometre kadardır. Kızılaltı (infrared) ise dalgaboyu 700 nanometre ile yaklaşık olarak 300 mikron (1 mikron=10^{-6} metre) arasında olan ve gözle göremediğimiz elektromanyetik dalga bölgesidir. Yukarıda verilen denklemi kullanarak, yakın kızılaltı bölgesinde, dalgaboyu 1000 nm olan bir ışık dalgasının frekansının 3×10^{14} Hertz olduğunu görüyoruz. Bir başka değişle, böyle bir dalga hareket ederken, sabit konumda duran bir gözlemcinin yanından saniyede 300,000,000,000,000 tane tam dalga salınımı geçer.



Şekil 2: Genel bir lazer kovuk düzeneği
M1: yüksek yansıtıcı ayna
M2: çıkış aynası

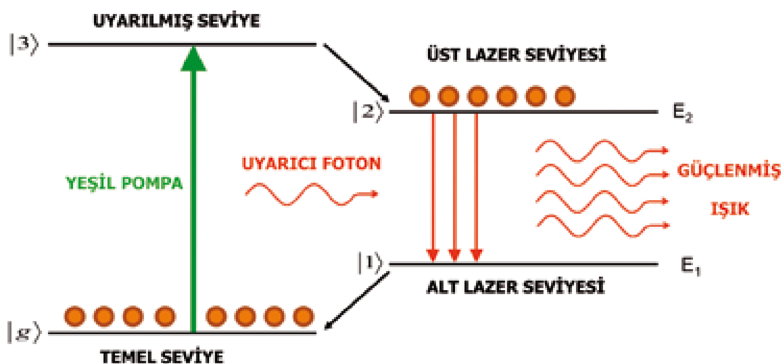


Şekil 3: Koç Üniversitesi Lazer Araştırma Laboratuvarı'nda kurduğumuz femtosaniye Ti:safir düzeneği ve proje ekibimiz (soldan sağa: Hüseyin Çankaya, Alphan Sennaroğlu, Adnan Kurt, Natali Çizmeciyan ve Arif Mustafazade)

Lazer Mimarisine Genel Bakış

Lazer, optik frekanslarda eş evreli ışınım üretimi için kullanılan bir salıngaçtır (osilatör) ve dört ana öğeden oluşur. Bunlar 1) optik kazanç ortamı, 2) optik kovuk veya diğer adıyla rezonatör, 3) uyarı (pompa) kaynağı ve 4) çıkış aynasıdır. Dolayısıyla, çalışma prensibi, örneğin sayısal saatlerin içerisinde bulunan kuvarz salıngaçtan hiç de farklı değildir. Her salıngaçta olduğu gibi, salınım elde etmek için kazanç ile artı geribeslemenin birleştirilmesi gerekir. Bunun optik dalgaboylarında sağlanması için, Şekil 2'de gösterilen lazer düzeneği kullanılmaktadır. Optik kazanç ortamı, yüksek yansıma katsayısı olan aynalardan (M_1 ve M_2) kurulu optik kovuk içerisine yerleştirilir. Optik kazanç elde etmek için, kazanç ortamını dışardan bir enerji kaynağı (Şekil 2'de pompa olarak gösterilmiş) ile uyarmak gerekir. Bu uyarı çeşitli şekillerde (elektriksel, optik veya başka türlü) yapılabilir. Kazanç ortamından geçerken güçlenen sinyalin bir kısmı, aynalar tarafından ortama tekrar gönderilir. Kovuk içerisindeki ışık, aynalar arasında birçok kez yansıyarak güçlenir. Eğer bir döngüdeki optik kazanç, kayıplardan daha fazla ise, optik salınım başlar ve yüksek parlaklığa sahip, yönlü lazer ışığı üretilebilir. Bu ışık, yukarıda bahsettiğimiz elektromanyetik dalga özelliklerine sahiptir. Kısacası lazer, optik kazanç ve artı geri beslemenin birleşimi sonucunda çalışan bir optik salıngaç yani diğer adıyla osilatördür. Elde edilen ışınımın en önemli özellikleri arasında, zaman ve uzayda eş evrelilik, yönlülük ve yüksek parlaklık sıralanabilir. Örnek olarak, Koç Üniversitesi Lazer Araştırma Laboratuvarı'nda kurmuş olduğumuz femtosaniye Ti:safir lazer düzeneği Şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekil 4: Dört enerji düzeyi olan bir atomik sistemde, uyarılı ışıma ile optik kazanç

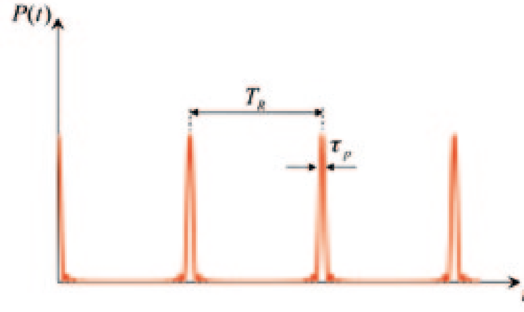


Katıhal Lazerleri ve Optik Kazanç

Katıhal lazerlerinde kullanılan kazanç ortamının fiziksel özellikleri yarıiletken, sıvı, ve gaz lazerlerininkinden farklıdır. Bu tür lazerlerde optik kazanç elde etmek için, içerisine ışıyabilen iyon katkılanmış kristal, seramik veya camlar kullanılır. 1960 yılında ilk icat edilen yakut lazeri de katıhal lazerleri grubuna aittir. Yakut, safir, peridot gibi mücevher taşlarının yanısıra yüksek saflıkta birçok sentetik kristal, seramik ve cam da bu amaçla kullanılmaktadır. Ortama Er^{3+}, Yb^{3+}, Tm^{3+} gibi nadir toprak iyonları veya Cr^{4+}, Ti^{3+}, Cr^{2+} gibi geçiş metal iyonları katkılandığı zaman, geniş bir dalgaboyu aralığında lazer ışınımı üretmek mümkündür. Bu tür "dalgaboyu ayarlanabilir katıhal lazeri" ile birazdan değineceğimiz gibi, femtosaniye darbe üretimi de mümkündür.

Yukarıda lazerin genel mimarisini anlatırken optik kazanç ortamından bahsettik fakat ayrıntılarına girmedik. Optik kazancın nasıl ortaya çıktığını anlamak için Ti:safir kristalini ele alalım. Saf safir kristali içerisinde hiçbir katkı bulunmadığı durumda saydamken, içerisine az miktarda titanyum iyonu katkılandığı zaman pembemsi bir renk alır. Bu renk değişimini, çok temel kuantum mekanik ilkeleri ile anlamamız mümkündür. Serbest titanyum iyonunda üst üste örtüşen enerji seviyeleri, kristal içerisine girdikten sonra komşu iyonlarla etkileşim sonucunda ayrışmakta, bu enerji seviyeleri arasında da optik geçişler ortaya çıkmaktadır. Oluşan enerji seviyelerinin yapısı çok basitleştirilmiş olarak Şekil 4'de gösterilmiştir. Safir içerisindeki titanyum iyonları, üst enerji seviyelerine mavi ve yeşil dalgaboylarındaki fotonları soğurarak çıkar. Görünür bölgedeki tayfın sadece kırmızı kısmı kristal tarafından soğrulmadığından, titanyum iyonları böylece safir kristaline pembe-kırmızı bir renk kazandırır. Optik kazanç elde etmek için, kristal içerisindeki iyonların önce üst enerji seviyesine çıkarılması gerekir. Titanyum katkılı safir kristalinde, bunu mavi-yeşil bölgede ışınım üreten flaş lambası ve başka bir lazer ile gerçekleştirebiliriz. Buna optik pompalama adı verilir. Optik pompalama sonucunda, temel enerji düzeyindeki titanyum iyonları önce üst enerji seviyelerine çıkarılır. Üst enerji seviyesindeki iyonlar, ortamdan geçmekte olan fotonlar tarafından uyarılarak alt enerji seviyesine geçebilir ve böylece foton salımı gerçekleşir. İlk kez Einstein tarafından 1916-17 yıllarında açıklanan bu etkiye "uyarılı ışıma" adı verilmektedir. Uyarılı ışımanın gerçekleşebilmesi için uyarıcı fotonun enerjisinin, üst ve alt seviyeler arasındaki enerji farkına (E_2-E_1) yakın olması gerekir. Kuantum mekaniğin temel ilkelerinden olan Planck yasasından da bilindiği gibi bir fotonun enerjisi (E), $E = hf$ denklemiyle verilir. Burada h Planck sabiti ve f ışığın frekansıdır. Bir başka değişle, frekans arttıkça, foton enerjisi de artmaktadır. Dolayısıyla, soğurulan veya yayılan ışık fotonunun rengini, enerji seviyeleri arasındaki enerji farkı belirleyecektir. Ti-safir örneğinde, $|g\rangle$ ve $|3\rangle$seviyeleri arasında geçiş elde etmek için mavi veya yeşil bölgedeki fotonlar kullanılmaktadır. Buna karşın, lazer geçişinden elde edilen ve daha düşük bir enerjiye sahip olan fotonlar, kırmızı veya yakın kızılaltı bölgesinde (690-1050 nm) yer alır.

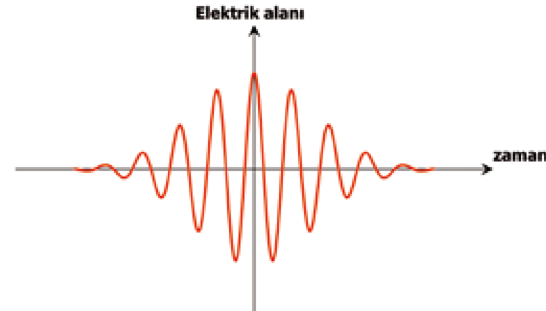
Uyarılı ışıma sonucunda yayılan fotonların frekansı ve yönü, uyarıcı foton ile aynı olduğundan, ortamdan geçen ışın yeğinliği artmış olur. Bu etkiye "uyarılı ışıma ile optik kazanç" adı verilmektedir. "Lazer" adı da bu etkinin ingilizcesi olan "light amplification by stimulated emission of radiation" ifadesinin kısaltmasıdır.



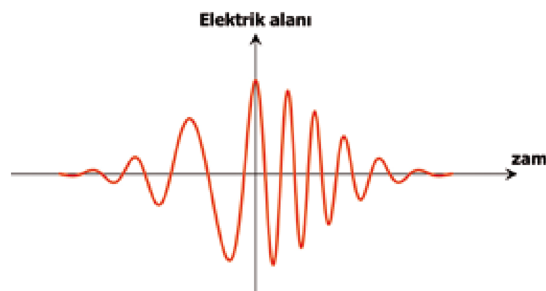
Şekil 5: Kip kilitli bir lazerin ürettiği optik darbe katarı. TR ardışık iki darbe arasındaki süre, τ_p ise darbe genişliğidir.

Kip Kilitleme ve Femtosaniye Lazerleri

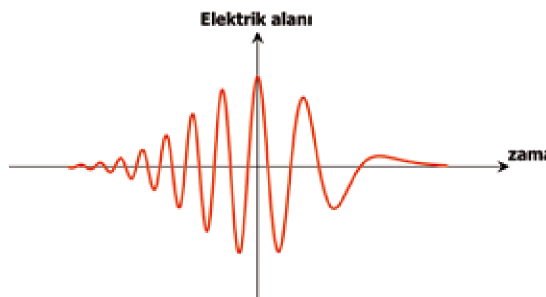
Önceki bölümde de bahsettiğimiz gibi, geçiş metal iyonu katkılı katıhal ortamlarının ışınım bantları çok geniştir. Bu tür bir lazeri iki farklı biçimde çalıştırmak mümkündür. İlkinde, lazer dar bir dalgaboyu aralığında ışınım üretir ve kovuk içerisine yerleştirilen bir dalgaboyu seçici eleman ile çıkış dalgaboyu ışınım bandı içerisinde değiştirilir. İkinci çalıştırılış biçiminde ise, geniş ışınım bandı aynı anda kullanılarak çok kısa süreli bir optik darbe katarı elde edilir. Bunu sağlamak için "kip kilitleme" adı verilen yöntem kullanılır ve uzunluğu pikosaniye ile femtosaniye zaman ölçeklerinde olan, yüksek tepe gücüne sahip optik darbeler üretilebilir.



Şekil 6: Birçok kipin bileşeninden oluşan bir optik darbenin zamana bağlı elektrik alan dağılımı



Şekil 7: Kerr ortamında ilerlerken, kendi başına faz kiplemesi sonucunda değişime uğrayan optik darbenin elektrik alan dağılımı



Şekil 8: Dağınım değeri eksi olan bir ortamda ilerlerken değişime uğrayan bir optik darbenin elektrik alan dağılımı

Kip kilitleme yönteminin temel fikrini anlamak için lazer kovuğuna yine bir göz atalım. Bu kovuğun uç aynaları arasında, sınır şartlarını sağlayan ve frekansı farklı olan birçok elektromanyetik dalga dağılımı oluşabilir. Bunların her birine kip (veya mod) adı verilir. Ardışık iki kip arasındaki frekans farkı kovuğun uzunluğuna bağlıdır. Örneğin 150 cm uzunluğunda, iki düz aynalı bir kovuk içerisinde salınabilen ardışık kipler arasında 100 MHz civarında bir frekans farkı vardır. Kip kilitleme yöntemleri ile, ışınım bandının altında bulunan kipler, yaklaşık olarak aynı fazla veya bir başka değişle eş zamanlı salınıma sokulur. Dolayısıyla, "kilitleme" teriminden kast edilen, kovuk içerisindeki her elektromanyetik kipin fazının kilitlenmesi veya bir başka değişle sabit tutulmasıdır. Bunun sonucunda, lazer çok kısa süreli darbelerden oluşan bir periyodik darbe katarı üretmeye başlar. Kip kilitli bir lazerin ürettiği darbe katarı Şekil 5'te gösterilmiştir. Iki ardışık darbe arasındaki zaman (Şekil 5'te T_R olarak gösterilmiş), kovuk içerisindeki bir döngünün süresine eşittir. Yukarıda verilen 150 cm'lik kovuk için bu süre 10 nanosaniyedir. Yine Şekil 5'te gösterilen τ_p darbe genişliğidir, genellikle pikosaniye-femtosaniye aralığındadır.

Elde edilebilecek en kısa darbe uzunluğu, optik kazanç bandının spektral genişliğine, kovuk içerisinde kullanılan aynaların yansıma aralığına, ortamdaki doğrusal olmayan etkilere ve ortam kırınım endeksinin dalgaboyuna bağımlılığından kaynaklanan dağınım miktarına bağlıdır. Belli bir kazanç bant aralığı olan lazer ile elde edilebilecek en kısa darbeye, dönüşüm sınırlı darbe adı verilmektedir. Örneğin 2400 nm civarında çalışan Cr:ZnSe lazeri için, dönüşüm sınırlı optik darbe uzunluğu 20 femtosaniye civarındadır.

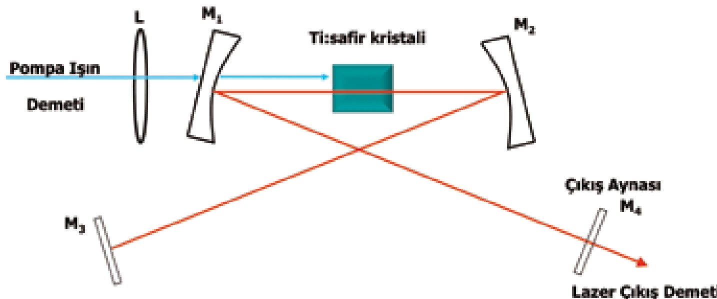
Dağınımın ve doğrusal olmayan etkilerin darbe uzunluğu üzerindeki etkisine kısaca değinmek için, femtosaniye süreli bir optik dalganın kazanç ortamı içerisindeki ilerleyişine bakalım. Birçok kipin bileşeninden oluşan bu darbenin elektrik alanı Şekil 6'da gösterilmiştir. Görüleceği gibi taşıyıcı frekansında olan hızlı salınımlar, darbenin şeklini belirleyen bir zarf altında yer alır. Bu darbe, kazanç ortamında ilerlerken birçok etki altında şekil değiştirebilir. Bu etkilerden önemli olan ikisine burada kısaca bakacağız. Birincisi, ortamın doğrusal olmayan kırınım endeksidir. Bu etki aynı zamanda Kerr etkisi olarak da bilinir. Darbeler Kerr ortamında hareket ederken, kendi başına faz kiplemesi (*self-phase modulation*, SPM) adı verilen etki altında, yerel zamana bağlı bir faz değişimi kazanır. Buna göre, darbenin öncü salınımlarının frekansı düşerken, artçı salınım frekansı yükselir. Bu etki Şekil 7'de gösterilmiştir. SPM etkisi darbe şeklinin bozulmasına neden olur. Öte yandan, ortamın kırınım endeksindeki frekans bağımlılığı eksi grup gecikmesine neden oluyorsa, bunun tam tersi ortaya çıkar ve darbenin öncü salınımlarının frekansı yükselir. Bu da Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu durumda, malzemenin dağınım değeri eksi olur. Dolayısıyla, SPM'yi dengelemek için kontrollü olarak bir miktar eksi dağınım kullanıldığı zaman bu iki etki birbirini dengeler ve darbe şekil değiştirmeden ilerleyebilir. Doğrusal olmayan bir ortamda, şeklini koruyarak ilerleyen darbelere soliton adı verilir. SPM ve eksi dağınımı dengeleyerek darbe üretimine soliton kip kilitleme adı da verilmektedir. Soliton kip kilitleme yöntemi ile femtosaniye darbe üretimi çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Son olarak, kip kilitleme yönteminin başka bir çarpıcı özelliğine bakalım. Kip kilitleme gerçekleştirildiğinde, lazerden elde edilen ortalama güç yaklaşık olarak aynı mertebede kalır. Fakat darbelerin tepe gücü, kilitlenen kip sayısı oranında artar. Örneğin, sürekli-dalga durumunda çalıştırılan bir lazerden yaklaşık 100 miliWatt ortalama güç elde edildiğini varsayalım. 100 bin kipin kilitlendiği durumda, darbe tepe gücü 10 kiloWatt olacaktır. Bu tepe güçleri ile birçok doğrusal olmayan optik etkiyi (örneğin harmonik üretimi) gözlemek mümkündür.

Femtosaniye Katıhal Lazerlerinin Tasarım Esasları

Şimdi, yukarıda anlatmaya başladığımız Ti:safir örneğine devam edip femtosaniye lazerinin pratikte nasıl kurulduğuna kısaca bakalım. Önceki bölümde, lazerin sürekli-dalga ve darbeli olmak üzere iki tür çalıştırılış biçimi olduğunu söylemiştik. Önce lazerin sürekli-dalga durumunda çalıştırılması gerekir. Böyle bir düzenek Şekil 9'da gösterilmiştir. Öncelikle, optik kazanç için kullanılacak olan Ti:safir kristalinin yüksek yansıtıcı aynalardan oluşan bir optik kovuğa yerleştirilmesi gerekir. Burada değişik optik kovuk tasarımları kullanmak mümkündür. Bu tür lazerlerin yapımında yaygın olarak kullanılan ve Şekil 9'da gösterilen kovuk, 4 aynadan oluşur. Ti:safir kristali iç bükey M_1 ve M_2 aynalarının arasına yerleştirilir. Temel seviyedeki iyonla-

Şekil 9: Dört yansıtıcı aynadan oluşmuş bir sürekli-dalga lazer kovuğu

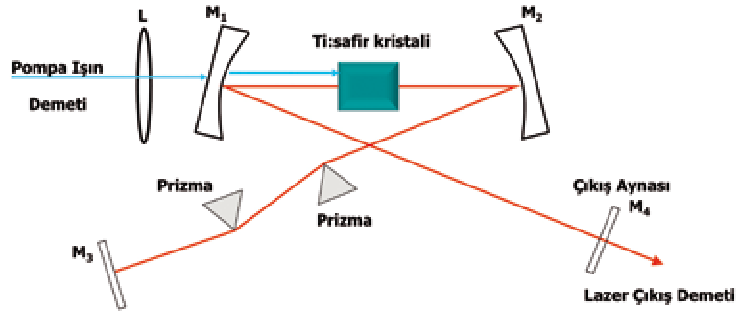


>>>

rın üst lazer seviyesine çıkarılması ve optik kazanç elde etmek için, pompa ışın demeti L merceği ile kristal içerisine odaklanır. Odaklama sonucunda, kristal içerisinde daha yüksek pompa ışın yeğinliği ve optik kazanç miktarı elde etmek mümkündür. Ti:safir kristalini uyarmak için genelde 532 nm civarında çalışan yeşil lazerler kullanılır. Uyarılmış Ti:safir kristalinin yaydığı fotonlar 650-1050 nm arasındadır. M_1 aynasının, aynı anda hem 532 nm dalgaboyundaki ışığı geçirebilmesi hem de 700-1000 nm aralığındaki ışığı %100'e yakın bir oranda yansıtması gerekir. Özel kaplama yöntemleri kullanarak bu tür aynaların yapımı mümkündür. Kovuğu oluşturan M_1, M_2, M_3 ve M_4 aynaları hizalanınca, optik eksen yönünde giden fotonlar, M_3 ve M_4 aynaları arasında tam bir döngüyü tamamlayabilir. Bunu sağlamak için içbükey aynaların (M_1 ve M_2) odak uzaklıklarının ve aynalar arasındaki mesafelerin doğru seçilmesi gerekir. Bunu gerçekleştirmek için yapılan kovuk tasarımının teknik ayrıntılarına burada girmeyeceğiz. Odak uzaklıkları ve aynalar arasındaki mesafeler ayarlandığı zaman, kovuk içerisinde gidip gelen fotonlar, titanyum iyonlarının uyarılı ışıma yoluyla yönlü foton yaymasını sağlar. Eğer pompa ışın yeğinliği yeterince yüksekse, kovuk içersindeki bir döngüde elde edilen güç artışı, ışığın uğradığı kayıplardan (saçılma ve istenmeyen soğurulma gibi etkilerden dolayı) daha büyük olacak ve optik salınım başlayacaktır. Optik salınım başlayınca kurduğumuz lazerin ışın demetini kovuk dışına çıkarmak için kovuğun uç aynalarından bir tanesini kısmi geçirgen yapmak gerekir. Bu özelliğe sahip olan aynaya kovuğun çıkış aynası denir. Şekil 9'daki M_4 aynası kovuğun çıkış aynasıdır. Eğer uyarı için kullanılan lazer sürekli-dalga durumda çalışıyorsa, lazerin çıkışı da sürekli-dalga biçiminde olacaktır.

Femtosaniye süreli darbe üretmek için, Şekil 10'da gösterilen düzenek kullanılabilir. Yukarıda da bahsettiğimiz gibi, soliton darbeleri üretmek için, ortamdaki doğrusal olmayan faz birikimini dengelemek gerekir. Bunun için gerekli eksi dağınımı kovuk içerisine katmak için prizma çifti kullanılabilir. Prizma çiftinin arasındaki mesafe veya ışığın prizmalar içerisindeki yol miktarı değiştirilerek eksi dağınım miktarı ayarlanabilir. Özel tasarlanmış yalıtkan katmanlardan oluşmuş aynalar ile de eksi dağınım üretmek veya belli bir dağınım değerini elde etmek mümkündür.

Femtosaniye darbe üretimini başlatmak için yine Kerr etkisinden faydalanabiliriz. Buna Kerr odaklamalı kip kilitleme adı verilir. Bu yöntemde, ortam içerisindeki pompa ve lazer ışın demetlerinin odaklanması hassas bir şekilde ayarlanır ve odaklanan lazer ışın demetinin daha fazla kazanç görmesi sağlanır. Kerr odaklanma miktarı da lazerin yeğinliği ile arttığından, bu ayar dikkatli bir şekilde yapıldığında, lazerin kip kilitli konumda çalışması başlatılabilir. Burada bahsettiğimiz Kerr odaklamalı kip kilitlemenin yanı sıra birçok başka darbe üretim yöntemi de bulunmaktadır.



Şekil 10 Kerr odaklama yöntemiyle femtosaniye darbe üretiminde kullanılan ve dört yansıtıcı aynadan oluşmuş lazer kovuğu

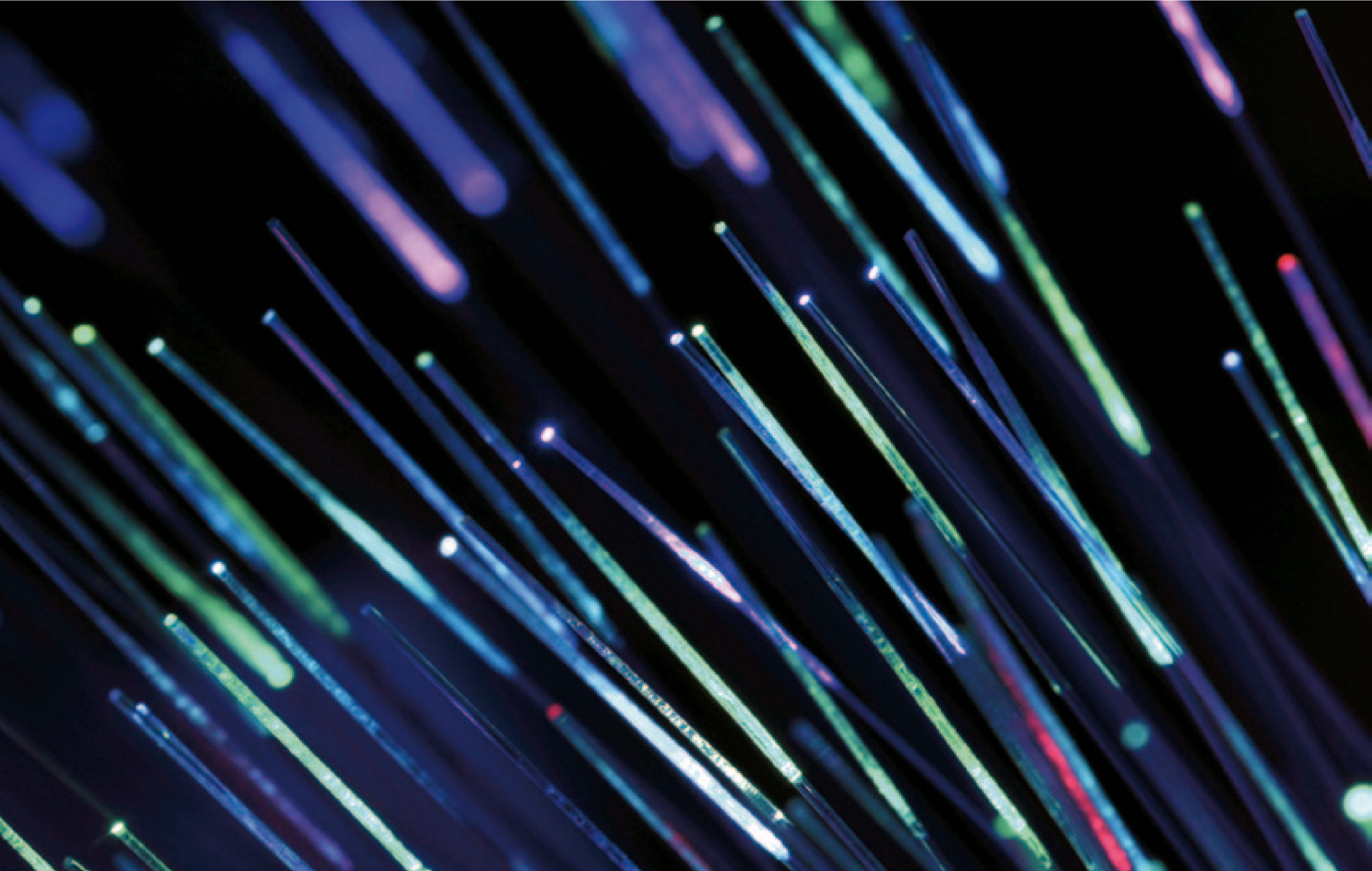
Koç Üniversitesi Lazer Araştırma Laboratuvarı'nda farklı birçok katıhal femtosaniye lazeri ile araştırmalar sürdürmekteyiz. Üzerinde çalıştığımız kip kilitli lazerler arasında Nd:YVO_4, Cr:forsterite, Ti:safir ve Cr:ZnSe lazerleri bulunmaktadır. Geçtiğimiz yıl içerinde Natali Çizmeciyan, Hüseyin Çankaya ve Adnan Kurt ile ortak yapmış olduğumuz bir deneysel çalışmada, Kerr odaklama yöntemini kullanarak Cr:ZnSe lazeri ile 2400 nm dalgaboyunda (yani orta kızılatı bölgesinde) yaklaşık 100 femtosaniye genişliği olan optik darbeler ürettik. Yine geçtiğimiz yıl kurmuş olduğumuz çok yansımalı kovuk içeren Cr:forsterite lazeri ile 1270 nm dalgaboyunda 90 femtosaniye genişliğinde darbeler üretebildik. Yakın ve orta kızılaltı bölgesinde çalışan femtosaniye lazerlerinin, önümüzdeki yıllarda verimli yüksek harmonik ve x-ışını üretiminde yaygın olarak kullanılması beklenmektedir.

Kaynaklar

Huang, D., Swanson, E. A., Lin, C. P., Schuman, J. S., Stinson, W. G., Chang, W., Hee, M. R., Flotte, T., Gregory, K., Puliafito, C. A. ve Fujimoto, J. G., "Optical Coherence Tomography", Science, Sayı 254, s. 1178-1181, 1991.
Sakadzic, S., Demirbas, U., Mempel, T. R., Moore, A., Ruvinskaya, S., Boas, D. A., Sennaroglu, A., Kartner, F. X. ve Fujimoto, J. G., "Multi-photon microscopy with a low-cost and highly efficient Cr:LiCAF laser", *Optics Express*, Cilt 16, Sayı 25, s. 20848-20863, 2008.
Zewail, A., "Femtochemistry: Atomic-scale dynamics of the chemical bond", Journal of Physical Chemistry A, Sayı 104, s. 5660-5694, 2000.
Schaffer, C. B., Brodeur, A., Garcia, J. F. ve Mazur, E., "Micromachining bulk glass by use of femtosecond laser pulses with nanojoule energy", *Optics Letters*, Cilt 26, Sayı 2, s. 93-95, 2001.
Rundquist, A., Durfee, C. G., Chang, Z. H., Herne, C., Backus, S., Murnane, M. M. ve Kapteyn, H. C., "Phase-matched generation of coherent soft X-rays", *Science*, Cilt 280, Sayı 5368, s. 1412-1415, 1998.
Udem, T., Holzwarth, R. ve Hansch, T. W., "Optical frequency metrology", *Nature*, Cilt 416, Sayı 6877, s. 233-237, 2002.
Lazerfest, "Celebrating 50 years of laser innovation," http://www.lazerfest.org/.
Maxwell, J. C., "A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field", Royal Society of London Bildiri Kitabı, 13, s. 531-536, 1863-1864.
Sennaroglu, A., "Fotonik ve Katıhal Lazerleri", Tübitak Bilim Teknik Dergisi, Mart 2007.
Moulton, P. F., "Spectroscopic and Laser Characteristics of Ti-Al2o3", *Journal of the Optical Society of America B-Optical Physics*, Cilt 3, Sayı 1, s. 125-133, 1986.
Pais, A., *Subtle is the Lord... The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford University Press, 1982.
Einstein, A., "Quantum theory of radiation", *Physikalische Zeitschrift*, Sayı18, s. 121-128, 1917.
Krane, K., *Modern Physics,* İkinci Basım, Wiley, 1996.
Haus, H. A., "Mode-locking of lasers", *Ieee Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Cilt 6, Sayı 6, s. 1173-1185, 2000.
Spence, D. E., Kean, P. N., Sibbett, W., "60-fsec pulse generation from a self-mode-locked Ti:sapphire laser", *Optics Letters*, Cilt 16, Sayı 1, s. 42-44, 1991.
Keller, U., Weingarten, K. J., Kartner, F. X., Kopf, D., Braun, B., Jung, I. D., Fluck, R., Honninger, C., Matuschek, N. ve derAu, J. A., "Semiconductor saturable absorber mirrors (SESAM's) for femtosecond to nanosecond pulse generation in solid-state lasers", *Ieee Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Cilt 2, Sayı 3, s. 435-453, 1996.
Haus, H. A., Fujimoto, J. G. ve Ippen, E. P., "Analytic Theory of Additive Pulse and Kerr Lens Mode-Locking", *Ieee Journal of Quantum Electronics*, Cilt 28, Sayı 10, s. 2086-2096, 1992.
Siegman, A. E. ve Kuizenga, D. J., "Active mode coupling phenomena in pulsed and continuous lasers", *Opto-electronics*, Sayı 6, s. 43-66, 1974.
Cizmeciyan, M. N., Cankaya, H., Kurt, A. ve Sennaroglu, A., "Kerr-lens mode-locked femtosecond Cr2+:ZnSe laser at 2420 nm," *Optics Letters*, Cilt 34, Sayı 20, s. 3056-3058, 2009.
Cankaya, H., Fujimoto, J. G. ve Sennaroglu, A., "Low-threshold, 12-MHz, multipass-cavity femtosecond Cr4+:forsterite laser", *Laser Physics*, Cilt 19, Sayı 2, s. 281–284, 2009.

İbrahim Küçükkara
Alper Kiraz

Kuantum Optiği, Elektromanyetik Etkili Saydamlık ve Tek Foton Üretimi



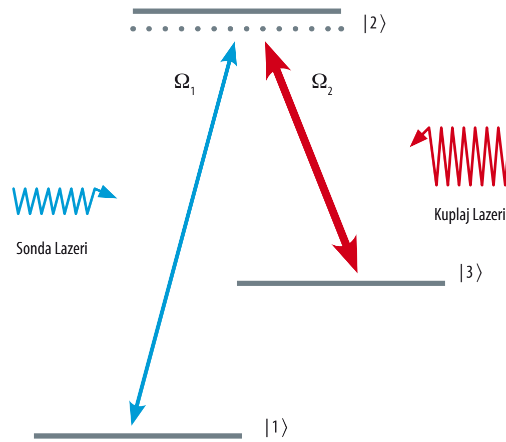
>>>

Lazeri diğer ışık kaynaklarına göre farklı yapan ve yetenekli hale getiren özellikler; yaydığı ışığın eşevrel ve tek-renkli olup çok düşük sapma (açılma) açısına ve yüksek ışık şiddetine sahip olmasıdır. Bu özellikleriyle lazer ışığı ve atom etkileşmesi, güneş, florasan ampul gibi sıradan ışık kaynaklarının yaydığı ışıkla atom etkileşimine kıyasla oldukça farklı sonuçlar verir. Örneğin atomun lazer ışığı ile etkileşmesiyle çoklu foton uyarılması denilen, bir atomun aynı anda birden fazla fotonla etkileşmesi olasılığının çok fazla arttığı görülür. Dahası Rabi salınımları adı verilen ve atomun ilgili enerji düzeylerine ait elektronlarının bu seviyeler arasında periyodik bir salınım yaptığı gözlenir. Burada asıl ilginç olan durum lazerin oluşmasına neden olan Einstein'ın atom-lazer ışığı etkileşmesinde atomun enerji düzeylerine ait geçiş denklemlerinin yetersiz kalmasıdır. Bu durum atom-lazer etkileşmesi konusunda yeni bir sayfa açılmasına neden olmuştur. Dolayısıyla, Theodore Maiman'ın Hughes Araştırma Laboratuvarı'nda ilk lazerin ışımaya başladığı 1960 yılını aynı zamanda *kuantum optiğinin* dönüm noktası olarak düşünebiliriz.

Atomun lazerle uyarılmasına *eşevrel uyarılma* adı verilir. Bu uyarılma şekli atomun enerji düzeylerinde *eşevrel etkiler* denilen (Rabi Salınımları, Autler-Townes Yarılması, Eşevrel Nüfus Tuzaklanması ve Elektromanyetik Etkili Saydamlık gibi) daha önce bilinmeyen yeni etkilerin gözlemlenmesine neden oldu.

Elektromanyetik **E**tkili **S**aydamlık (EES) *maddesel bir ortamı oluşturan atomların enerji düzeyine karşılık gelen dalga boyunda, eşevrel ve tek-renkli ışığın etkisi altında ortamın soğurma ve kırılma etkisinin değiştirilebilmesi* olarak ifade edilebilir. Böyle bir etkiyi gözlemlememizi sağlayacak ışık kaynağı eşevrel ışık salan lazerdir. Kuplaj lazeri denilen güçlü ve rezonans bir lazer ışığı, atomun bir enerji seviyesine uygulandığında atomu yine bu seviyeye komşu olan ve sonda lazeri dediğimiz lazer ışığına karşı geçirgen hale getirir. Bir diğer deyişle, atom kuplaj lazeri yokken sonda lazerinin ışığını soğururken güçlü kuplaj lazerinin varlığında sonda lazerinin ışığına geçirgen davranmaya başlar. Kısaca *EES etkisi altında, ortamın yüksek şiddette bir rezonans ışığa maruz kalmasıyla yine bu enerji düzeyiyle bağlantılı başka bir enerji düzeyine karşılık gelen dalgaboyundaki ışığa karşı saydam olması gözlemlenmektedir.* EES olayının detaylı açıklaması kuantum mekaniği ile yapılır: İki sinüssel dalganın birinin tepe noktasının diğerinin çukur noktasına karşılık gelerek birbirini söndürmesi şeklinde açıklayabileceğimiz *yıkıcı girişim etkisi ile atomun ilgili enerji seviyeleri arasındaki geçiş olasılıkları birbirini yok eder ve ortamın gelen ışığa karşı soğurması ortadan kalkar*. Enerji seviyeleri arasındaki geçiş olasılıklarının yapıcı veya yıkıcı girişime neden olacak şekilde düzenlenmesi *kuantum girişimi* olarak adlandırılır. Bu etkinin gözlenmesi ancak eşevrel ışık kaynağı olan lazerin geliştirilmesinden sonra gündeme gelebilmiştir. Kuantum girişimi etkisi atomun ışıkla olan etkileşimi konusunda EES de dahil olmak üzere pek çok yeni araştırma ve uygulama alanına yol açmıştır. EES değişik atomik enerji düzenlerinde olabilir.

Atom-lazer ışığı etkileşiminden ortaya çıkan bu yeni özellikler önemli uygulama alanlarına öncülük edebilecek nitelikte bilgiler içermektedir. Örneğin bu bilgiler ışığında yapılan deneysel çalışmalarda, maddesel ortamın optik özelliklerinin değiştirilmesiyle çok yeni ve kolaylıkla ulaşılamayan dalgaboylarında yeni lazer benzeri ışık kaynakları elde etmek mümkün olabilmektedir. Genellikle lazerler görünür bölge (400nm-700nm) civarında dalgaboylarında ışın verir. Bu bölgelerin dışında lazer ışığı elde etmek, başta çok hassas atomik spektroskopi ve litografi gibi alanlar için son derece önemlidir.



Lamda (Λ) düzeninde EES'nin atom-eşevrel ışık etkileşim gösterimi. Lamda (Λ) düzeninde |1>-|2> enerji düzeyine uygulanan rezonans sonda ışığı (sonda lazeri) normalde atom tarafından soğurulurken, |2>-|3> düzeyine uygulanan güçlü eşevrel ışık (kuplaj lazeri) uygulandığında, atom tarafından soğrulmamaktadır.

EES'nin en göze çarpan sonucu ışığın ortamdaki hızının azaltılması olmuştur. Işığın boşluktaki hızı 300.000 km/sn'dir. Bu hız cam ve su gibi kırınım katsayısı daha yüksek saydam ortamlarda yaklaşık olarak 200.000 km/sn değerine düşer. *Oysa bugün ışığın hızını neredeyse bir bisiklet hızına indirmek olası mıdır diye bir soru karşısında hiç çe-*



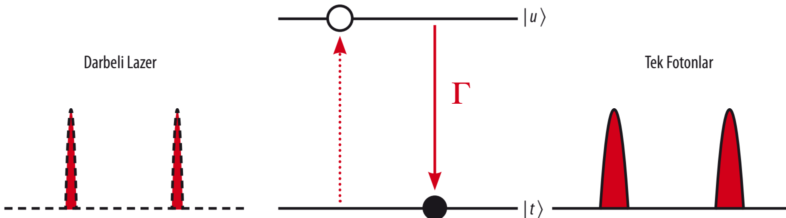
İbrahim Küçükkara, 1965 Yılında Adana'da doğdu. 1998 yılında University Of Wales (UK) Lazer Spektroskopisi alanında yüksek lisans ve 2002 yılında Imperial College Of Science, Technology and Medicine (UK) da deneysel kuantum optiği konusunda doktora yaptı. 2005 yılında Mersin Üniversitesi Fizik Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaya başladı. Halen Koç Üniversitesi Fizik Bölümü'nde yer alan Nano-Optik Araştırma Laboratuvarı'nda misafir araştırmacı olarak çalışmaktadır.

kinmeden evet diyebiliyoruz. Yavaş ışık denilen bu gösterimlerde ışık hızının 17 m/s'ye kadar düştüğü görülür. Burada önemli bir nokta, kırınım katsayısını kullanarak ışığın yayılma hızı düşürülürken ışığın bu kırıcı ortam tarafından soğurulmasıdır. İşte kuantum girişimi etkilerinin en önemli uygulamalarından birisi olan EES ile bu sorunu aşmak ve yavaş ışığı elde ederken aynı zamanda ortamı, içinden geçen ışık için neredeyse saf bir şekilde saydam yapmak mümkündür.

Yavaş ışığı elde etmenin tek yolu EES kullanmak değildir. Önemli olan ortamda frekansa aşırı derecede bağlı bir kırınım katsayısının bulunmasıdır. Böyle ortamları değişik soğurma bantları kullanarak elde etmek de mümkündür. Örneğin ışık liflerinde de başarılı yavaş ışık gösterimleri olmuştur. Işığın yavaşlatılması ileride kuantum bilgisayarlarda ihtiyaç duyulacak kuantum hafıza aygıtları gibi birçok aygıt için önemlidir.

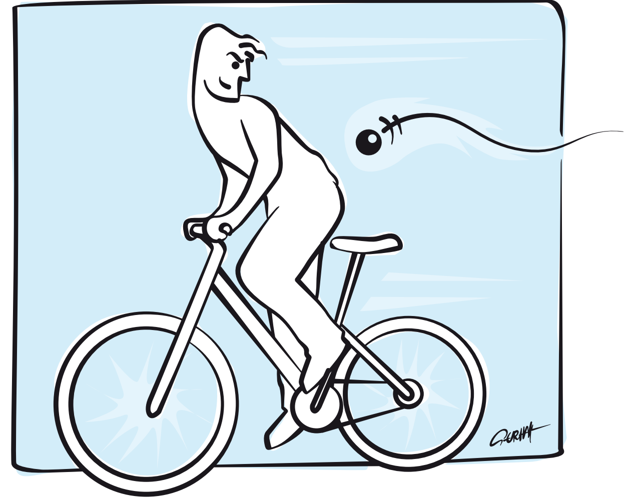
Tek Foton Üreteci

Belli bir frekansta salınan elektromanyetik dalganın enerjisinin foton denilen enerji birimlerine sahip olduğu ilk olarak 1905 yılında Einstein'ın fotoelektrik etkiye getirdiği açıklama ile anlaşılmıştır. Bu kavram kuantum optiğini klasik optikten ayıran temel özelliklerin başında gelir. Elektron gibi bazı diğer parçacıklardan faklı olarak fotonlar *Boson* özelliği gösterirler. Bunun bir sonucu olarak fotonlar *Pauli Dışlama ilkesine* uymayıp aynı enerji değerinde bir arada bulunmayı tercih ederler. Günlük hayatımızda karşılaştığımız ışık kaynakları da belli bir spektral aralıkta birçok fotonun üretilmesi ile elde edilir - fotonları tek tek üreten bir üreteç doğada bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bir *tek foton üretecini* ancak yapay olarak elde etmek mümkündür.



Tek foton üreteci şematiği. Darbeli lazerin bir uyarıcı darbesi atomu, temel enerji seviyesinden (|t>) uyarılmış enerji seviyesine (|u>) taşır. Atomun temel enerji seviyesine kendiliğinden ışımayla geri dönmesiyle tek bir foton üretilir.

Tek foton üreteci tek bir atomun darbeli bir lazer ile uyarılmasını temel alır. Her lazer darbesi atomun temel enerji seviyesinden uyarılmış enerji seviyesine geçişini sağlar. *Kendiliğinden ışıma* etkisi sayesinde atom bir foton yayarak temel enerji seviyesine geri döner. Böylece her uyarıcı lazer darbesi ile tek foton üretilir. Tek foton üreteci için gerekli en önemli koşul atomların tek tek tuzaklanabilmesidir. Günümüzde gelişmiş optik tuzaklama yöntemleri tek atomların uzun süreler boyunca incelenmesini mümkün kılar. Ayrıca tek iyon, tek kuantum nokta veya tek molekül gibi tuzaklanması daha kolay olan yapılar da tek foton üreteci uygulamaları için tercih edilir. Son 10 yıldır bu yapılar kullanılarak değişik tek foton üreteçleri geliştirildi ve tek foton üreteci kuantum optik araştırmalarında ihtiyaç duyulan temel bir ışık kaynağı olarak literatürdeki yerini aldı. Bu çalışmalarla elde edilen sonuçlar arasında kuantum mekaniksel rassal sayı üretimi, kuantum anahtar dağıtımı ve kuantum dolaşıklık olayı sayılabilir.



Elektromanyetik etkili saydamlık ile ışığın maddedeki yayınım hızı 17 m/sn (61 km/saat)'ye kadar düşürülebilir.
İyi bir bisiklet sporcusu böyle yavaşlatılmış ışıktan daha hızlı gidebilir.

Mikro Nano Boyutlarda Lazerler

Optik mikrokovuklar, ışığı çok küçük hacimlerdeki rezonanslarda hapsederler. Bu yapıların sahip oldukları simetrik geometri, rezonanslarda saklanan ışığın uzun süre dışarıya kaçmadan saklanmasına neden olur. Bu sayede yüksek optik genlikler elde edilir. Elde edilen bu yüksek optik genlikler atom-foton etkileşmesinin incelenmesi için ideal bir çalışma ortamı sağlar.

En temel optik mikrokovuk, yüksek yansıtma özellikli iki aynanın yan yana getirilmesi ile elde edilen Fabry-Perot rezonatörüdür. Çembersel simetriye sahip halka, daire, küre veya toroid geometrileri de ideal optik mikrokovuk yapılardır. Bu

	Fabry-Perot	Fısıldayan galeri		Fotonik kristal
Yüksek Q	Q: 2,000 V: 5 $(\lambda/n)^3$	Q: 12,000 V: 6 $(\lambda/n)^3$	Q_{III-V}: 7,000 Q_{Poly}: 1.3×10^5	Q: 13,000 V: 1.2 $(\lambda/n)^3$
Çok yüksek Q	F: 4.8×10^5 V: 1,690 μm^3	Q: 8×10^9 V: 3,000 μm^3	Q: 10^8	

Optik mikrokovuk, ışığı çok küçük hacimlerde durağan dalgalarda hapseder. Mikrosütun veya Fabry-Perot mikrokovuklarda yansıtıcı özelliği çok fazla olan iki aynanın arasındaki durağan dalgalar kullanılır. Küresel simetriye sahip mikrodaire, mikrohalka, mikrotoroid veya mikroküre yapılarında çepere yakın bölgede durağan dalgalar elde edilir. Fotonik kristal kusur kavitesinde ise düzgün bir örgüye sahip delikli kristal yapıdaki bir kusur etrafında durağan dalga elde edilir.

yapılarda ışık çepere yakın bölgede dolaşan fısıldayan galeri modlarında (kiplerinde) saklanır. Bunların yanında fotonik kristal kusur kaviteleri veya silindir geometriye sahip mikrosütun yapıları da optik mikrokovuk olarak kullanılırlar. Yarıiletken kristallerin optik analoğu olan fotonik kristallerde ışığın yayılımının mümkün olmadığı yasak enerji bandları bulunur. Fotonik kristal yapıdaki bir kusurun etrafında yasak enerji bandına denk gelen optik rezonans frekanslarında ışığı hapsetmek mümkündür.

Yol açtıkları yüksek atom-foton etkileşmesi nedeniyle optik mikrokovuklar mikro ve nano boyutlarda lazerlerin üretilmesinde kullanılırlar. Bu lazerler çok küçük eşik pompalama gücüne sahiptir. Hatta bir optik mikrokovuğun içinde bulunan tek bir atomu kullanarak lazer ışıması elde etmek mümkündür. Bu sınırda her pompalama gücünde lazer ışıması elde edilir -eşik pompalama gücü bulunmamaktadır. Optik mikrokovuklar mikro ve nano boyutlarda lazerlerin geliştirilmesinin yanında temel kuantum optiği çalışmalarında önemli uygulamalar bulurlar. Geleceğin kuantum bilgisayarlarının bir mikrokovuğun içindeki atom-foton etkileşimini kullanarak işlem yapabileceği düşünülmektedir. Optik mikrokovuklar ile proteinler gibi biyolojik makromoleküllerin çok hassas bir şekilde -tek molekül mertebesinde- algılanması da mümkündür.

Sonuç

Yirminci yüzyılın başında yeni deneysel ve kuramsal bulguların etkisiyle hızla gelişmeye başlayan kuantum mekaniği bilgileri önce elektronları kontrol etmemizi sağlamak için kullanıldı. Bu gelişmenin ilk örneği, katıhal fiziğinin en önemli uygulamalarının günlük hayata hızla etki etmesine ve elektronik cihazların ve bilgisayarların yaşamın ayrılmaz bir parçası olmasında önemli bir görev üstlendi. Bunu izleyen dönemde atom-ışık etkileşmesinin önemli kısımlarının anlaşılmasıyla atomun ışığı soğurması ve yayımlamasının yanında uyarılmış ışıma da yapabileceği anlaşıldı. 1960 yılında ilk lazerin ışıldamasıyla birlikte neredeyse aynı zamanda atom ve lazer ışığının etkileşmesi başta spektroskopi, kuantum optiği gibi pek çok alanda çok hızlı gelişmelere neden oldu. Bu gelişmeler atom-eşevrel ışık etkileşmesinde *kuantum girişimi* etkilerinin gözlemlenmesini ve bu yolla atomun enerji düzeylerinin kontrol edilebilmesini sağladı. Sonuç olarak elektronları kontrol etmenin yollarını bularak elektroniği keşfettik şimdi fotonları ve atomları kontrol ederek kuantum optiğini keşfediyoruz!

Kaynaklar
K. J. Boller, A. Imamoglu, ve S. E. Harris, “Observation of Electromagnetically Induced Transparency”, *Phys. Rev.* Lett. 66, 20, 2593 (1991).
J. P. Marangos, “Electromagnetically induced transparency”, *J. Mod.* Opt., 45, 471, (1998).
L. V. Hau, S. E. Harris, Z. Dutton, and C. H. Behroozi, “Light speed reduction to 17 metres per second in an ultracold atomic gas”, *Nature* 397, 594–598 (1999).
B. Lounis and M. Orrit, “Single-photon sources”, *Reports on Progress in Physics* 68, 1129-1179 (2005).
R. Loudon, *The Quantum Theory of Light*, Oxford University Preess, 1983.
K. J. Vahala, “Optical Microcavities”, *Nature* 424, 839 (2003).
F. Dubin, C. Russo, H. G. Barros, A. Stute, C. Becher, P. O. Schmidt, and R. Blatt, “Quantum to classical transition in a single-ion laser”, *Nature Physics* DOI: 10.1038/NPHYS1627 (2010).

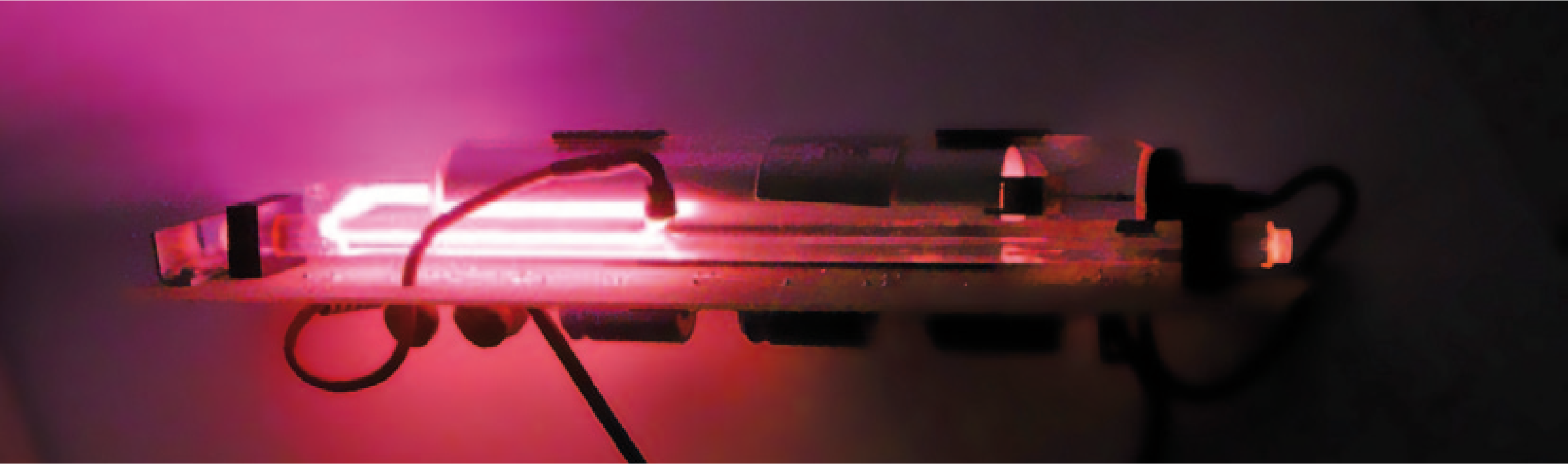


Alper Kiraz, 1998’de Bilkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden lisans, 2000-2002’de Kaliforniya Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nden yüksek lisans ve doktora derecelerini aldı. 2004’te Koç Üniversitesi Fizik Bölümü’nde yardımcı doçent ünvanı ile öğretim üyeliği görevine başladı. 2009’da aynı bölümde doçent ünvanını aldı. 2004’ten beri direktörlüğünü yaptığı Koç Üniversitesi Nano-Optik Araştırma Laboratuvarı’nda su tutmayan yüzey üzerinde duran mikrodamlacıkların incelenmesi, tek moleküllerin spektroskopisi/görüntülenmesi ve optik cımbızlama alanlarında çalışmalarını sürdürmektedir. 2003-2004 arasında Alexander von Humboldt bursiyeri olarak görev aldı, 2006’da fizik alanında TÜBA-GEBİP Ödülü’nü, 2008’de fizik alanında TÜBİTAK Teşvik Ödülü’nü ve 2009’da FABED Araştırma Ödülü’nü kazandı.

Adnan Kurt

Uçuşurken Işıyan Atomları ve Molekülleri Sıraya Sokmak

Gaz Lazerleri



Bir HeNe lazer tüpü ve devre kartinin altinda güç kaynağı.

Lazer dediğimiz şey aslında ışık kaynağını, kuantum sınırları içerisinde gürültüden arındırılmış, parlaklığı yüksek, yani dar bir dalgaboyu aralığında yüksek güçte ışıma yapan, eşevreliliği uzay ve zamanda korunmuş veya yükseltilmiş duruma sokmaktır. Bunun hayalini yüzyıl başında iletişim mühendisleri kuruyordu: Radyo vericilerindeki osilatörlerin sağladığı temizlikte ama ışık dalgaboyunda elektromanyetik dalga üreteçleri. Işık kaynaklarını hızla gözünüzün önüne getirin ve gaz boşalma tüplerine yani floresan lambalarına yoğunlaşın. Kapalı bir cam tüpte veya odacıkta genellikle iki metal elektrot ve ortamı dolduran gaz bulunur. Gaz basıncı yine birçok değerde olabilir. Yüksek basınçlı ark lambaları, düşük basınçlı katot tüpleri, metal buharlı olanları, asal gaz dolu neon tüpleri (argon, kripton, zenon da içerebilirler, hepsine neon diyorlar nedense), bazen camın iç yüzeyini kaplayan bir fosfor tabakası, bazen elektrotlardaki fitiller (termoiyonik elektron kaynağı olarak filamentler) çeşitliliği sağlar. En iyi bildiklerimiz reklamcılıkta kullanılan neon lambaları ve evlerde, ofislerde kullandığımız floresan lambalardır. Hızla artan verimli lambalar, eko lambalar denilen elektronik sürücüsü tabana gömülü küçük floresan tüpler de yeni yakınlarımız. Neyse, işte bu lambalar nasıl çalışıyorlar, buradan başlayabiliriz. Kapalı ortamda bir gaz veya gaz karışımı bulunur. Oda sıcaklığında, bu gazın atomlarının ya da moleküllerinin hareket denklemlerini istatistiksel fizik ve termodinamik yöntemleriyle çözebiliriz. Bu makroskopik özelliklerini kestirmemizi sağlar. Gaz sıcaklığını, molekül enerjilerini, gaz basıncını, çarpışma arakesitini böyle hesaplayabiliriz. İçerde, oda sıcaklığında belli sayıda gaz molekülü kendi kendilerine titreşim hareketleri yapar, oradan oraya gezinirler, çarpışırlar. Ortama hızlı elektronlar salarsak bu moleküllerle çarpışmaya başlarlar, belli oranlarda. Bu elektronları da, en yaygın ve basit şekliyle iki elektrot arasında uyguladığımız gerilimle sağlarız. Eğer yeterince yüksek bir elektrik alanı uygularsak, iki elektrot arasında bir akım oluşur, yani elektronlar katottan anoda doğru akmaya başlar. Saniyede geçen elektron sayısı da akımla orantılıdır. Bunu sağlamak bazı koşullarda güç olur. Kolaylaştırmak için yöntemler bulunmuştur gerçi. Örneğin elektrotlardan birini ısıtarak, yüksek sıcaklıklarda ısıl etkiyle kopan elektron sayısını artırıp bunları elektrik alanında hızlandırarak akım elde edebiliriz. Ya da radyo frekans uyarımıyla, yüksek gerilimli bir değişken

alan oluşturup gazı iyonize edebiliriz. Daha değişik teknikler olsa da bunlar çok bilinmediği için şimdilik gözardı edebiliriz. Hatta floresan lambayı bırakıp tekrar lazere dönelim.

Maiman, sentetik yakut kristalini flaş lambasıyla uyarıp ilk lazeri (optik maser) yapmadan çok önce, 1954'te Townes, Gordon ve Zeiger amonyak moleküllerinin titreşimlerini kullanarak tek renkli ve eşevreli mikrodalga kaynağını (maser) kurmuşlardı. İlk lazer, bir katıhal yakut lazeriydi ve ışıkla pompalanıyordu. Yani birincil enerji kaynağına elektrik dersek (su, kömür, fosil ve Güneş diyerek dallandırmadan), elektriksel dönüşümlerle flaş lambası (zenon çakarlamba) birkaç yüz mikrosaniyelik kısa bir zamanda yüksek ışık enerjisini yakut kristaline doğru salar (bunu akıllı fotonlar yapmaz elbette, tasarımcının görevi, flaş lambasından çıkan fotonların çoğunu yakut kristaline yönlendirecek yapıyı hesaplamak ve kurmaktır). Işıkla pompalanan bir lazerden daha verimlisi elektrikle pompalanan olmalıdır diye, Ali Javan ve W. R. Bennet ilk gaz lazerini helyum neon karışımıyla 1961'de gerçekleştirdiler. (Verimlilik demişken, birincil kaynağı ışığa dönüştürme çabaları bitmek bilmedi. Shelkov'un grubu Rusya'da bir kömür madeni yakınındaki metalurji fabrikasında 100kW sürekli ışık veren gazdinamik karbondioksit lazeri kurdu. Lawrence Livermore grubu atom bombasıyla pompalanan bir x-ışını lazeri yaptı. Özbekistan'da güneş ışığıyla pompalanan en büyük lazer yapıldı). Genel olarak gaz lazerleri iki ayna arasında bir cam (ya da metal ya da seramik) tüp içinde düşük basınçlı gaz olan optik kovukla yapılır. Tüp içindeki gaza "lazer ortamı" denir ve atomlar, metal buharları veya moleküller içerir. Gaz parçacıkları, çoğunlukla elektrik akımıyla uyarılır. Yüksek enerjili elektronlarla çarpışan gaz parçacıkları, daha yüksek enerji düzeylerine çıkar ve buradan da kendiliğinden yayınımla bir foton salarak düşük enerji düzeyine geçerler. Optik kazanç koşulu, lazer etkisinin gözlenmesi için sağlanmalıdır. Bu da, uyarılmış düzeydeki parçacık sayısının, düşük düzeydeki parçacık sayısından büyük olmasını gerektirir. Çıkış gücünü yükseltebilmek için de yüksek enerji düzeyindeki parçacık sayısını artırmak gerekir. Düşük düzeydeki parçacıkların da kısa zamanda toprak düzeyine düşmeleri istenir. Düşük enerji düzeyinden, toprak düzeyine geçişin lazer çıkış gücüne bir katkısı olmayacağı için, bu kayıp enerjiye denktir. Üstelik, elektronlarla çarpışarak yeniden uyarılmış enerji durumuna çıkabilmeleri için de toprak düzeyinde olmalılar. Bir parçacığın (atom ya da molekül) saldığı fotonun enerjisinin yüksek enerji düzeyine çıkarmak için gereken enerjiye oranı, bu lazerin çalışma verimini gösterir. Aslında bu, diğer tüm kayıpları gözardı eder, enbüyük verimi gösterir. Bu orana kuantum verimi de denir. Bir gaz lazerinin verimi, beklenen kuantum veriminden daha düşük olacaktır. Çünkü gaz parçacıklarını seçici bir şekilde uyaracak elektron çarpışma koşullarını yaratamayız. Elektriksel gaz boşalmasında yer alan elektronların kinetik enerjileri geniş bir aralıkta dağılır. Böylece yalnızca lazer çıkışına katkıda bulunacak düzeye değil, başka enerji düzeylerine de yükselmiş gaz parçacıkları bulunur ortamda.

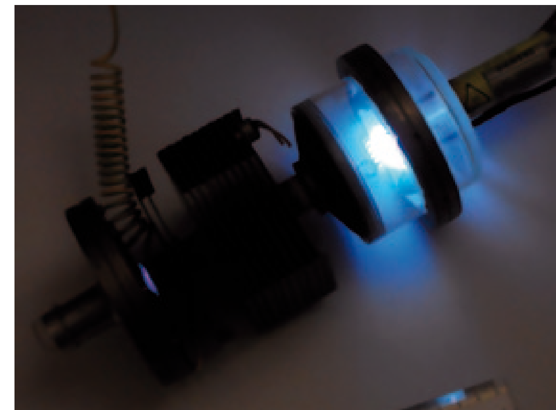
Bell Laboratuvarları'nda kurulan ilk gaz lazeri, neon atomlarının uyarılmış iki seviyesi arasındaki geçişle sağlanmıştı. Lazer çıkışı 1,15 mikrometre dalgaboyundaki fotonlardan oluşuyordu. O günden sonra, sayılması zor sayıda ortam kullanılarak lazerler yapıldı. Dalgaboyu aralığı, 3,9 nm ile radyo dalgalarına kadar uzanmaktadır.

Gaz lazerlerinden bazıları çok yaygınlaşmıştır. HeNe (Helyum Neon) lazeri ucuz ve kaliteli, düşük güçte en çok 40mW kırmızı ışık verir; argon lazeri 50W güce kadar çıkabilir, birçok dalgaboyunda ışıma yapabilir ama ençok yeşil ve mavi renkleriyle tanınır, eksimer (excimer) lazerleri morötesinde darbeli çıkış verir, darbe başına 1-2 Joule kadar yüksek enerjiye çıkabilir, göz saydam tabakasını (kornea) şekillendirme ve mikro malzeme işleme alanında çok kullanılır. Karbondioksit lazerleri, diyot lazerlerinden düşük olsa da %16 kadar yüksek bir elektriksel dönüşüm verimi sağlar. Üstelik rahatlıkla ölçeklenebilirler, darbeli ya da sürekli çalıştırılabilirler, dalgaboyları ayarlanabilir olarak da tasarlanabilirler. Güçleri 100kW mertebesinde olanları yapılmıştır. Malzeme işleme, makina mühendisliği ve endüstriyel uygulamaların vazgeçilmez araçları olmuşlardır. Diğer gaz lazerleri daha az sayıda kullanılır; bazıları yalnızca araştırma çalışmalarında kullanılır, metal buharı lazeri gibi bir kısmı ise kısa ömürlü olmuştur. Ortak özellikleri arasında, gaz akışıyla soğutma sorununun kolay çözülmesi, ışın kalitesinin çok yüksek olabilmesi, izge (tayf) aralığının çok dar yapılabilmesi, zamansal ve uzaysal eşevreliliğin çok yüksek olması sayılabilir.

Eksimer lazerleri, morötesi bölgede yüksek enerjili ve kısa darbeli ışınlarıyla endüstride ve tıpta kalıcı bir alan bulmuştur. Morötesi ışık, izgenin kısa dalgaboyu bölgesindedir. Kuantum mekaniği hesaplarına göre de, bu dalgaboyundaki ışık fotonunun enerjisi kırmızıya doğru -uzun dalgaboyuna doğru- olan fotonlara göre daha yüksektir. Bu iki değerin, yani dalgaboyunun ve foton enerjisinin makroskopik et-



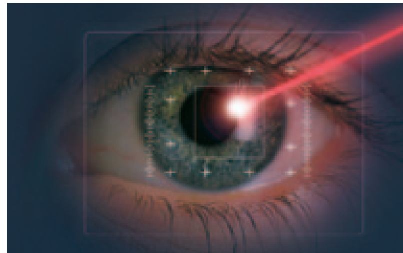
1977'den bu yana çalışan bir HeNe lazeri. Sağda, yüksek gerilim trafosu. Işıldama yapan gaz tüpünün iki ucunda çınlanım kovuğunu oluşturan aynalar var. Çıkış gücü 1mW'dan küçüktür.



Baskı makinaları ve renk ayırım sistemlerinde yaygın kullanılan, hava soğutmalı argon laseri. Çıkış gücü 10mW kadardır.

kileri, uygulamada önem kazanır. Foton enerjisi yüksek olduğunda, moleküller arasındaki bağları koparmak olasıdır. Böylece malzemeyle etkileşim fotokimyasal olacaktır. Dalgaboyu kısa olduğunda, ışın çok daha küçük bir alana odaklanabilir. Bu da, birim alandaki ışık akısını daha yüksek yapacaktır. Kısa dalgaboyu ince ayrıntılı, yüksek çözünürlüklü malzeme işlemeye olanak tanır. Kaba bir metaforla, kalın uçlu kalem ve ince uçlu kalemle yapılan resimler gibi farklılık gösterir. Eksimer lazerleri saniyede 2000 atım yapabilen, ortalama 200W çıkış gücüne sahip, 1 Joule atım enerjisine ulaşabilen, 10-250 nanosaniye arasında darbe genişliği olan sınırlı seçenekler arasından seçilebilir. Yaygın kullanılan dalgaboyları ArF (argon florid) için 193 nm, KrF (kripton florid) için 243 nm, XeCl (zenon klorid) için 308 nm'dir.

Eksimer lazerindeki gazın etkin ögeleri asal gaz ve halojen (halojenler, metallerle oluşturduğu bileşik "tuz" olan atomlardır: F, Cl, Br, I, At) atomlarıdır. Eksimer, excited dimer -uyarılmış ikiparçalı- sözcüklerinden türetilmiştir. XeCl gibi iki atomlu bir molekül, ancak elektriksel uyarılmış düzeylerde oluşabilir. Zenon atomları, elektron çarpışmalarıyla elektron yitirdiğinde, eksi değerlikli klor atomlarıyla yüksek enerji düzeyinde, elektriksel Coulomb çekimiyle geçici bir bağ oluşturur. Bu düzeyden, yer düzeyine lazer geçişi yaparak ayrılırlar. Bu, çok büyük optik kazanca sahip bir lazer tasarımını olanaklı kılar. Eksimer lazerleri, kullanımı zor ve tehlikeli gazlar içerir. Üstelik yüksek saflıktaki bu gazların kısmi basıncının düzenlenmesi, plazma dirençlerinde oluşan dengesizlikler, yüksek akım darbeleri altında aşınmaya uğrayan elektrotlar güvenilir ve kararlı sistemler yapmayı zorlaştırır. Tıbbi ve endüstriyel uygulamalardaki yaygınlığı, yine de kaliteli ve kullanımı güvenli lazer sistemi üretimini sağlamıştır. Diğer yandan, yüksek optik kazanç ortamı ve hızlı darbeler, optik geribildirimi sağlayan Fabry-Perot çınlanım kovuğunun ayarlanmasını kolaylaştırır. Bilimsel uygulamalarda, spektroskopik uygulamalar için boya lazerleri (sıvı lazerleri grubundan) pompalamasında, morötesi uyarım spektroskopisinde, ince film üretiminde hedef malzemenin vakum içinde kontrollü olarak buharlaştırılmasında, yanma ve ateşleme araştırmalarında, özellikle jet motorlarının eniyilenmesinde kullanılırlar. Endüstriyel uygulamalar, eksimer lazerinin yüksek foton enerjisini ve kısa dalgaboyunu öne çıkarır. Gaz bileşenlerine bağlı olarak 3,53 eV ile 7,9 eV arasında foton enerjisine sahip eksimer lazeri ışınları, birçok malzemenin molekül bağlarını bozarak çözündürür. Birçok organik malzemenin temel bileşeni olan C-H bağı enerjisi 3,5 eV değerindedir. Fotoablasyon denilen bu yöntemle plastik malzemeler, teflon, kemik, kuvarz, deri, kornea işlenebilir.



Helyum Neon lazerleri, düşük çıkış güçlerine karşın, yüzlerce dolar mertebesindeki fiyatları ile en yaygın kullanılan lazerler oldular. Artık ucuz-çok ucuz ve kolay üretilebilen diyot lazerleri bir çok uygulama alanında yerini aldıysa da, HeNe lazerleri hâlâ aranan lazer türlerindendir. Laboratuvarlarda ölçüm çalışmalarında -uzunluk, girişimölçümü, yüzey düzgünlüğü ölçümleri gibi- optik araştırmalarında, holografi (tümçizi) uygulamalarında vazgeçilmezdir. Çok kaliteli (yani ışın kesiti mükemmel bir Gauss eğrisine çok yakın olan) ışın şiddeti dağılımı, uzun zamansal ve uzaysal eşevreliliği, ince izge çizgisiyle kullanışlı bir araçtır. Yaygın kullanılan dalgaboyu 632,8nm'deki kırmızı olsa da yeşil ve turuncu renkte çıkış verenleri de bulunur. Gelişmiş üretim teknikleri sayesinde bu tür lazerler 10bin-50bin saat kadar sorunsuz çalışabilir. Plazma tüpü, içinde yedek gaz hacminin de bulunduğu geniş bir cam silindirden ve bunun içinde yer alan daha ince bir cam borudan oluşur. İnce cam boruda, elektriksel boşalmayla plazmanın oluşturulduğu, çapı 1mm kadar olabilen bir kanal vardır. Dış silindirin her iki ucuna, vakuma dayanıklı yapıştırıcılarla, birbirine paralel Fabry-Perot çınlanım aynaları yapıştırılır. Bir floresan lambada ve neon tüpünde olduğu gibi, cam tüp içinde boşalma elektrotları vardır. Yüksek gerilimli doğru akım kaynağıyla bu tüp içindeki plazma kanalında elektriksel uyarı gerçekleşir. Neon, etkin lazer ortamıdır. Helyum, çarpışmalarla neon atomlarının yüksek enerji düzeylerine çıkmasını sağlayan tampon gazdır. Bu lazerlerin yaygın kullanılanları 1-10mW arasında çıkış gücü verir, 1-2 mA plazma akımı sağlamak için de 10-20W arasında elektriksel giriş gücü kullanırlar.

İyon lazerleri, çoğunlukla argon ve kripton gazları kullanan sistemlerdir. 5mW ile 60W arasında sürekli çıkış gücü verebilen türleri olan bu lazerler tıp uygulamaları, holografi, baskı teknolojileri (matbaacılık ve baskı öncesi hazırlık), kompakt disk kalıpçılığı, lazer gösterileri, bilimsel araştırmalar, spektroskopik ölçümler için çok kullanışlıdır. Diyot pompalı katı hal lazerlerindeki gelişmeler, görünür bölgedeki dalgaboylarının üretimi, az güç harcamaları/verimleri, soğutma sorunsuzlukları, küçük olmaları nedeniyle, iyon lazerleri hedef uygulamalar dışındaki birçok alandan silindi. Diğer gaz lazerlerinde olduğu gibi iyon lazerleri de, içinde etkin gaz karışımı olan cam (aslında berilyum oksit gibi çok zehirli seramikler kullanılıyor) bir silindir çevresinde kurulur. Bu cam tüpün uzunluğu, lazerin gücüne bağlı olarak 30cm ile 150cm arasında değişebilir. Tüp içinde yedek gaz, elektrotlar ve her iki ucunda da aynalar ya da Brewster pencereleri (bunlar ışığın dalgaboyuna bağlı olarak belli bir açıda yansıma kayıpsız geçişini sağlayan kutuplayıcı cam plakalardır) yapıştırılmıştır. Tüp düşük güçlü lazerlerde hızlı hava akımıyla, 1W üstünde çıkış veren sistemlerde suyla soğutulur. Ayrıca, yüksek güçlü olanların tüpleri, iyonların çarpışma ke-



Adnan Kurt:
Boğaziçi Üniversitesinde Elektrik Mühendisliği ve Fizik okudu. Boğaziçi Fizik Bölümü ve Psikoloji Bölümü'nde çalıştı. İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Fizyoloji AD'da uzman araştırmacı olarak beyin ve sinirbilim araştırmaları yaptı. Koç Üniversitesi Fizik Bölümü'nde lazer araştırmaları, nano-optik ve mikrofotonik laboratuvarlarında araştırma mühendisi olarak çalıştı. Teknofil'de, telekardiyoloji, elektriksel beyin uyarımı, laser sistem tasarımı konularında çalışmaktadır.

sit alanını artırmak için güçlü bir elektromıknatısla sarılmıştır. Böylece elektriksel olarak yüklü parçacıklar manyetik alanda hareket halindeyken Lorentz kuvvetleriyle sıkışır ve daha yoğun plazma kanalı oluştururlar. Tüp dışında ayna tutuculara ve ayar mekanizmalarına bağlı çınlanım kovuğu aynaları, ısıl değişimlere bağlı olarak yer değiştirmesinler diye, Super Invar denilen malzemeden yapılmış, sıcaklıkla çok az büyüklük değiştiren silindirik çubuklarla yataklanır. İyon lazerlerinin çıkış dalgaboyu aynaların yansıtıcı kaplamalarıyla belirlenir. Eğer geniş bant yansıtıcı kaplamalar kullanıldıysa, birden fazla dalgaboyunda lazer ışını elde edilebilir. Çınlanım kovuğuna yerleştirilen bir prizma veya kırınım ağıyla, dalgaboyu ayarı da yapılabilir böylece. Daha çok lazer gösterileri ve yansıtma için kullanıldığında, lazer etkin ortamı argon ve kripton gazı karışımından oluşturulur. Bu da kırmızı, mavi ve yeşil dalgaboylarında ışıma sağlayarak "beyaz ışık lazeri" diye adlandırılır. En çok kullanılan argon lazeri dalgaboyları 488 nm, 514,5 nm, kripton lazeri dalgaboyları da 647,1 nm'dir.

İyon lazerleri, ilk günlerden beri, göz ağtabakasının cerrahi uygulamaları için kullanılmıştır. Cerrahi girişimin olanaksız olduğu durumlarda, göz küresine mekanik bir girişim yapmadan göz merceğinden gönderilen lazer ışınıyla kanamalar durdurulmakta, kopmalar yapıştırılmaktadır. Öznel görüşüme göre, her şey bir yana, bu lazerlerin insan sağlığına en önemli katkısıdır. Yine bu uygulamalarda da daha küçük, kullanışlı ve enerji tüketimi az olan katı hal lazerleri yaygınlaşmaktadır. Enerji kullanımına örnek vermek gerekirse, soğutma harcamasını gözardı edersek, 12W argon lazeri yaklaşık 25kW elektrik harcayacaktır.

Karbondioksit lazerleri endüstriyel vazgeçilmezlerdendir. General Motors Üretim Sistemleri yöneticisi F. A. DiPetro, bir konuşmasında (kişisel not defteri, 1993, Laser Applications for Mechanical Industry, NATO ASI at Erice), otomobil üretiminde ilk devrimin "perçinle" başladığını (bir uçağın penceresinden kanada doğru bakınca, perçinlerin yaygın kullanımı ve önemi bir anda anlaşılır), ikinci devrimin de "lazerle kaynak" olduğunu anlatmıştı. Hem farklı metal tabakaları birbirine sürekli olarak yanal olarak kaynatmak mümkündür, hem de yalnızca bir yüzeyden kaynak yapmak mümkündür. Elbette bu üretim tasarımını, kalitesini, hızını çok yükselten bir yöntemdir ve alternatif, klasik bir çözümü de yoktur.

Karbondioksit lazerleri, yine tüm gaz lazerlerinde olduğu gibi bir plazma tüpündeki gaz karışımını etkin ışıma ortamı olarak kullanır. Yine, yüksek gerilimle elektron akışı ve çarpışmalarla lazer geçişleri sağlanır. Ama yüksek güçlü sistemlerde, bu plazma odası çok büyük olabilir, çok uzun olabilir, hızlı gaz akışı gerektirebilir. Böyle parametrelerle de farklı lazer güçleri sağlanır ve tasarımları şekillenir. Karbondioksit lazerlerinin en çok kullanılan ve verimli dalgaboyu çıkışı 10,6 mikrometredir. Uzak kızılatı bölgede yayınımın zorluklarından biri ışın taşıma araçlarıdır. Yeni geliştirilen daha dayanıklı ve kullanışlı ışıklifleriyle taşıma (Bilkent'ten Mehmet Bayındır Grubu, http://www.nano.org.tr/ lazer_fibers.html, ve MIT'den Joannopoulos / Fink grubu http://web.mit.edu/newsoffice/2002/cable-1218), cerrahi uygulamalarda kullanılan 10-20W ışık gücü için uygun olsa da, endüstride kullanılan kilowatt ölçeğindeki lazerler için yetersizdir. Işın taşıma, çok eklemli kollarla, robot kollarına yerleştirilen soğutmalı aynalarla ya da uçan aynalı (iki ya da üç boyutlu kartezyen eksenlere yerleştirilen kayar ayna düzenekleri) optik düzeneklerle sağlanır. %16 enerji dönüşüm verimi olan karbondioksit lazerleri, diyot lazerleri dışında en verimli lazerlerdir. Ölçeklenebilir lazer geçişleriyle de çok yüksek güçlerde yapılabilirler. 200W altındaki güçlerde, çok uzun süre dayanabilen elektrot malzemeleri ve radyofrekans uyarmalı plazmayla çalışan lazerler, bakım gerektirmeden 10-20 bin saat kadar çalışabilirler. Bu gruptakiler küçük malzeme işleme, metal olmayan malzeme kesimi, ürünlerin markalanması, cerrahi girişimler için kullanılır. 1kW çıkış gücü ve üstündeki lazerlerle metal kesimi, kaynak, ısıl işlem yapılabilir. Malzemelerin lazerle işlenmesinde, özellikle metal plaka kesimi ve kaynağındaki en önemli bileşenlerden biri de süreç denetimidir. Bu kadar büyük güçte enerji kaynağının düzgün iş yapabilmesi için, ışın odaklamasının sürekli denetlenmesi, malzemenin hem etkin işleme hem de soğutma için uygun gazlarla üflenmesi, ışın yörüngesinin hız ve konum denetlemesinin hem düzgün yapılması hem de optimize edilmesi zorunludur. Makine mühendisliği uygulamalarındaki lazer araştırmalarının büyük kısmı bu otomasyon ve denetim konusunda yapılmaktadır. Diğer yandan da, lazer ve malzeme etkileşiminin temellerinin iyice anlaşılması, ısı aktarımı ve malzeme dönüşümü modellerinin yapılması araştırma konularındandır.



Küçük bir azot lazeri, 1987.


Gazete saymakta kullanılan bir aygıttan çıkarılmış HeNe lazer tüpü.

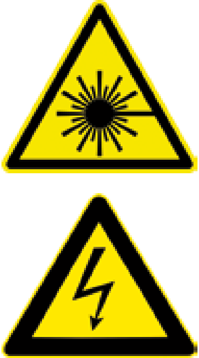
Kaynaklar

Hecht, J., "History of Gas Lasers, Part 1: Continuous Wave Gas Lasers", *Optics and Photonics News*, Cilt. 21, s. 16-23, 2010
Javan, A., Herriott, D. R., Bennett, W. R., "Population Inversion and Continuous Optical Maser Oscillation in a Gas Discharge Containing a He-Ne Mixture", *Physical Review Letters,* Cilt 6, s. 106-110, 1961.
W. R. Bennett, "Background of an inversion: the first gas laser", *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron,* Cilt 6, Sayı 6, s. 869, 2000.
Walter, K., "The X-ray Laser: From underground to tabletop", *Science & Technology Review* (Lawrence Livermore National Laboratory): 21–3, Eylül 1998.
Bridges, W. B., "Laser oscillation in singly ionized argon in the visible spectrum", *Applied Physical Letters*, Sayı 4, sayfa 128, 1964.
http://www.ut.uz/eng/today/uzbek_scientists_created_a_powerful solar laser.mgr
Duncan, G. R., "Solar-Powered Laser: A new solar laser could be instrumental in the quest to use magnesium as a source of energy", *Technology Review,* 19 Eylül 2007.
The Photonics Design and Applications Handbook, Laurin Publishing, 2003.
Editor: Marvin J. Weber, *Handbook of Laser Wavelengths,* Lawrence Berkeley National Laboratory, 27 Temmuz 1998.

Havalı Bir Lazer Yapalım

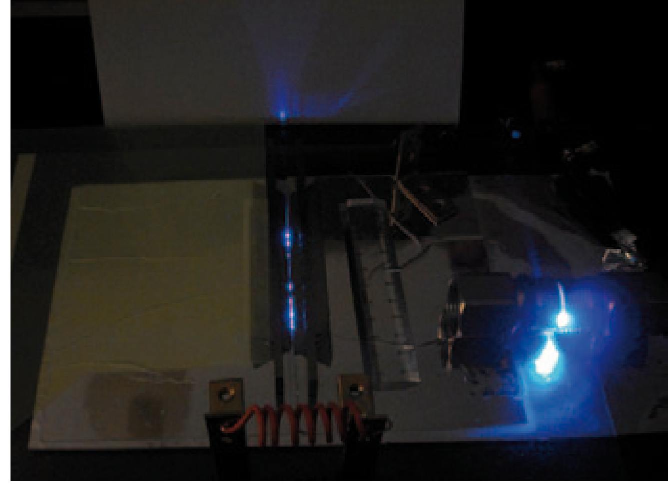
"Atmosferik Basınçta Enine Uyarmalı Azot Lazeri Yapımı"

Elimdeki sararmış bir *Scientific American* makalesine bakıyorum. Ekim 1977 tarihini yazmışım üzerine. Haziran 1974 dergisinden bir tıpkıbasım. O makale ve diğerlerini satın alabilmek için merkez bankasına dilekçeler verişimi, haftalarca uğraşıp aldığım çeki, para transferleri ve izinleri anımsıyorum. Günümüzde bilgiye ulaşmanın hızını ve kolaylaşmasını düşününce mutlu oluyorum. Hayatın birçok zorluğu ve karmaşası sürse de, bilgiye erişimin özgürleştiği, paylaşımın değerlendiği, arttığı bir dünya umut veriyor. Bu makaleyi özenle, okunmamış gibi saklamışım. Aylarca döne dolaşa her sözcüğünü anlamaya çalışarak okumuştum oysa. Yatay çift kapasitör arasında oluşturulan yüksek hızda akımla elde edilen, morötesi lazer demeti nasıl bir şeydi? *Scientific American*'da yıllarca amatör bilimci köşesinde akıl alan deneyler anlatan, yapımını gösteren C. L. Stong, bu lazerin 6V pille çalıştığını, 50-100kW güç verdiğini ve bir süpürge sopası boyutlarında morötesi ışın demeti oluşturduğunu anlatıyordu (Bu makale, internet üzerinde arama motorlarıyla rahatça bulunabiliyor. Okumanızı, şekillerin ve anlatımın güzelliğini görmenizi şiddetle öneririm). Yazıda, J. G. Small'un MIT'de lisansüstü öğrencisiyken geliştirdiği, sıradan laboratuvar malzemeleriyle kurduğu bir gaz lazerinin nasıl yapıldığı ayrıntılarıyla açıklanıyor. Musluğa bağlanan bir aspiratörle vakum sağlanan deşarj (boşalma) odasına, kolay bulunan azot gazı veriliyor. Elektrotlar, bir baskılı devre kartıyla oluşturulan ikili kapasitör yüzeyine tutturulmuş. 6V pil, basit bir gerilim dönüştürücü ile 20kV güç sağlıyor. Bir kenara iliştirilmiş kıvılcım aralığı da yüksek hızlı tetikleme yaparak, elektrotlar arasındaki gazın plazmaya dönüşmesini, ışık yaymasını ve dik yönde de lazer ışını olarak çıkışını sağlıyor.



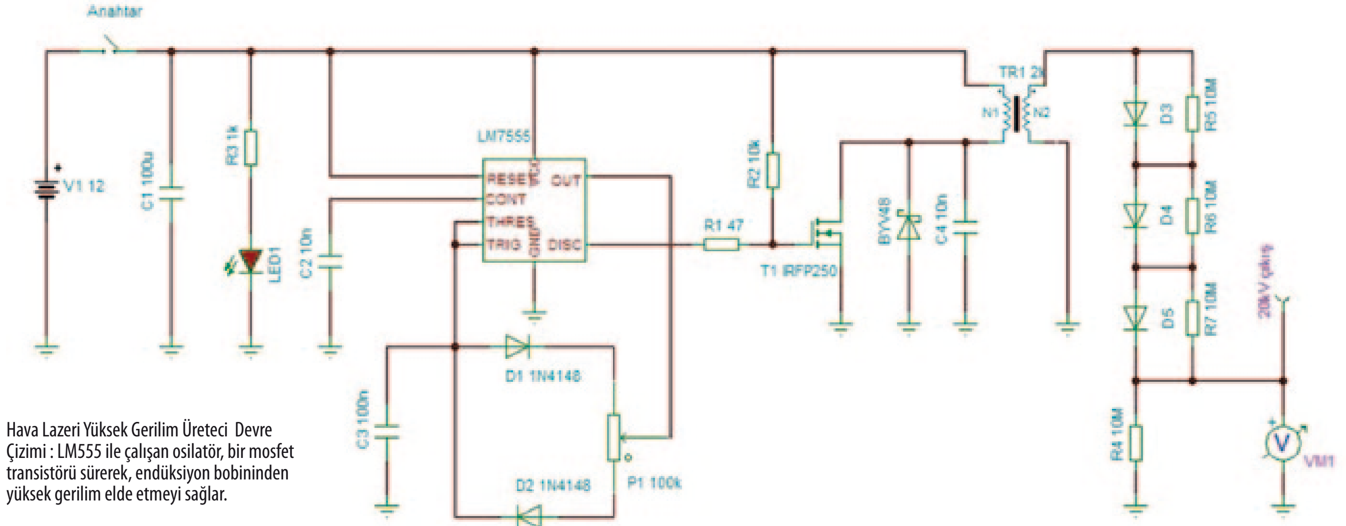
Yüksek Güçte Morötesi Lazer Işını ve Yüksek Gerilim Tehlikesi

Sorumsuzluk Açıklaması: Bu yazıda anlatılan, yapımı örneklenen, kaynakçası verilen lazerin yapımı birçok ayrıntılı teknik beceri ve bilgi gerektirir. Yapımına girişildiğinde, elektrik/elektronik ve fizik konularında eğitim almış, bu konularda çalışan birinin yardımını veya gözetimini istemeniz önerilir. Böyle bir sistemin kurulması, çalıştırılması veya denenmesi sırasında meydana gelebilecek istenmeyen durumların hiçbirinden yazar, dergi veya kurum sorumlu değildir.



Scientific American'da yayımlanmış birçok lazer yapımı makalesi vardı. Ama bu beni özellikle çekiyordu. Yalnızca beni değil, bunca yıl sonra geriye bakınca binlerce amatör bilimcinin, öğrencinin, araştırmacının bu lazer tasarımından ilham aldığını, aynısını ya da benzerini yaptığını görüyorum.

Neden mi? Bu lazer, genellikle lazer yapımında kullanılan pahalı ve zor bulunan kristaller, özel kaplamalı, pahalı aynalar, garip gazlar, zehirli boyalar, yapımı zor çakarlamba (xenon flaş lambaları) ve sürücüler, optomekanik hassas düzenekler, cam işleme, vakum sistemi gerektirmiyor da ondan. Optik ayarlama deneyimi, özel laboratuvar koşulları ve deneysel becerileri zorlamıyor. Small'un tasarımı "kolaylıkla bulunabilecek" araçlar ve merak, biraz da deney becerisi istiyordu. Yine de, bu tür çalışmaları değerlendirdiğimde şunu düşündüm: Öyle bir lazer tasarlamalı ki, en sıradan malzemelerle kurulabilmeli. Böyle bir lazerin yapımı bu yazıya konu oldu: Komşu nalburdan satın alınan parçalarla kurulan ve etkin ortamı at-



Hava Lazeri Yüksek Gerilim Üreteci Devre Çizimi : LM555 ile çalışan osilatör, bir mosfet transistörü sürerek, endüksiyon bobininden yüksek gerilim elde etmeyi sağlar.

mosfer basıncında "hava" olan bir azot lazeri. Buna benzer birçok lazer tasarımına ilişkin bilgi ve deneyim internet sayfalarında paylaşılıyor. Hem amatör çalışmaları izlemek, hem de konuya ilişkin bilimsel makaleleri okumak, hesaplar yapmak insanın anlayışını geliştirip ufkunu açar. Belki bu tür lazerlerin en güçlüsünü, en iyisini ya da en güzel uygulamasını yapmak için toplantılar, yarışmalar düzenlenebilir birgün.

Peki, nedir amacımız? 1963'ten beri azot gazı içerisinden büyük bir elektrik akımı geçirildiğinde, 337,1 nanometre dalga boyunda yani morötesi bölgede lazer ışıması elde edildiği biliniyor. Elektrik akımını oluşturan elektronlarla çarpışan azot molekülü dengesiz bir yüksek enerji düzeyine çıkar. Kendiliğinden daha düşük enerji düzeyine geçen molekül 337,1 nm dalga boyunda bir foton salar. Bu foton, hâlâ yüksek enerji düzeyindeki moleküllerden birini uyararak aynı dalga boyunda bir başka foton salınımını uyarır. Bunlar diğer moleküllerle uyarılmış salınıma yol açarak, aynı yönde foton çoğalmasına yani lazer etkisine neden olur.

Azot gazı içinde lazer etkisi elde etmek zordur. Çünkü $C^3\pi$ yüksek enerji düzeyinin ömrü (~40ns), $B^3\pi_g$ alt düzeyinin ömründen (~6ms) çok kısadır. Bu durumda uyarılmış düzeyin, kendiliğinden ışıma başlamadan, hızla doldurulması gerekir. Kendiliğinden yayınım, alt enerji düzeyindeki molekül sayısını artırarak lazer etkisini durdurur, kendiliğinden sonlanmaya yol açar. Sonlanma zamanı 10 nanosaniyeden kısadır (gaz basıncına bağlıdır ve atmosferik basınçta 1 nanosaniyeye kadar düşer). Saniyenin milyarda biri ölçeğinde lazer ışıması sağlayan bu yapı, çok hızlı fotoğraf çekimi, lazer radarı, fotokimyasal ölçümler yapabilecek uygulamalara kapı açar. Ama lazeri çalıştırmak için de zorluklar doğurur. İşte bu zorluğun çözümü, Alan D.Blumlein'in bulduğu bir anahtarlama yöntemidir. Hemen her TE (yanal uyarılmış) azot lazerinde kullanılmıştır. Çok hızla boşalabilen (yani seri endüktansı çok düşük olan) iki kapasitör, aralarında plazma kanalı olacak şekilde paralel bağlanır. Bu kanal, her iki kapasitörü de elektriksel olarak yükleyebilmek için bir direnç ya da endüktör/ bobinle paralel bağlıdır. Yüksek gerilim kaynağıyla bu kapasitör çifti doldurulur. Optimum değerlerini kuramsal hesaplamalar ve deneysel ölçümlerle belirlemek gerekir. Bu örnek denememizde, Vs=10-20kV gerilim kaynağına 1MΩ akım sınırlayıcı direnç bağlayarak kapasitörleri doldurabiliriz. Böylece, her iki kapasitör de Vs değerinde gerilime ulaşır. Bunlardan birini, bir kıvılcım aralığıyla (ark anahtarı) kısa devre yaparsak, plazma kanalında/ lazer elektrotları arasında yüksek gerilim oluşur. Çok düşük endüktanslı kapasitör ve kıvılcım anahtarı kullanarak, bu kanaldan saniyenin milyarlarca biri ölçeğinde onbinlerce amper akım geçirmek olasıdır. Bu da, azot moleküllerini gereken hızda uyararak lazer ışını üretimini sağlar.

Azot moleküllerinin ışımasından, lazer düzeyinden, anahtarlamadan söz ettik. Bir lazer düzeneği için gerekli bileşenlerden pompalama kaynağı (elektriksel uyaran), lazer ortamı (azot gazı), tetikleme ve yükleme mekanizmaları (kıvılcım anahtarı) dışında bir eksiğimiz kaldı: Optik geribildirimi sağlayacak çınlanım kovuğu (*resonator*). Genellikle Fabry-Perot girişim ölçeri (*interferometer*) şeklinde iki paralel aynayla, salınan lazer ışımasını geriye, pompalanan etkin ortama gönderip yükseltilmesini sağlayan bu kovuk eksik.

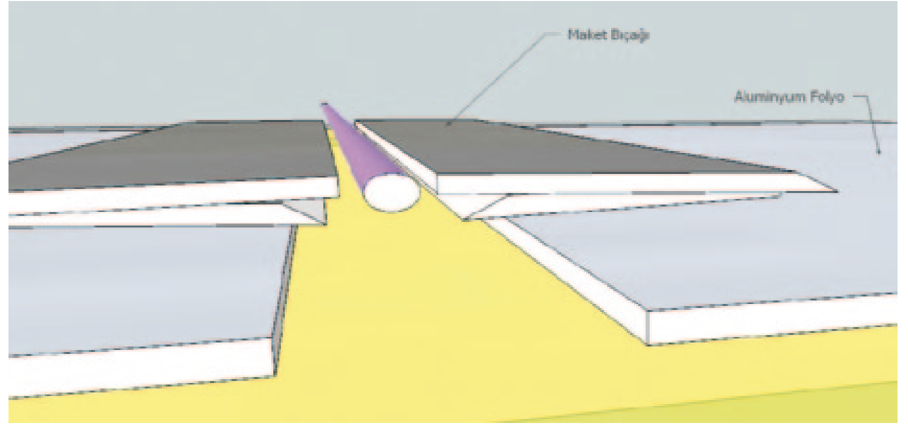
Aslında bu, kuantum optiksel bir tasarım farkı. Tarihsel olarak, lazer kavramının iki ayrı ve görece ilişkisiz kaynağı var. Bunlardan biri çok bildik geribildirimli yükseltici yapısındaki lazer tasarımı. Yüksek enerji düzeyindeki fazlalıkla sağlanan uyarılmış yayınım yükseltmeye neden olur. Diğerinde lazer bir yükseltici olarak yorumlanmaz. Yayınımın eşevreli (*coherent*) gerçekleştiği kendiliğinden (*spontaneous*) ışıma kaynağı olduğu varsayılır.

Bu tür lazerler süperışıyan (*superradiant* ya da *superfluorescent*) olarak adlandırılır. Uyarılmış yayınımı, optik geribildirimli yükseltici olarak aynalarla pompalama ortamına geri göndermeden çalışırlar. Çok sayıdaki uyarılmış molekül, enerji düzeyleri arasındaki geçişi kendiliğinden ve yoğun şekilde yapar. R. H. Dicke'nin 1958'de aldığı bir patent ve 1957'de JOSA dergisinde yayımladığı "*Coherence and Quantum*" ve 1964 tarihli "*The Coherence Brightened*

Laser" adlı makaleleri bu tür lazerler konusundaki çalışmaları anlatır. Kısaca özetleyecek olursak, plazma kanalındaki ışıma olasılığı kanal boyunca yüksek olacak ve kanalın her iki ucundan azot molekülünün 337,1 nm lazer ışıması çıkacaktır. Atmosfer basıncında 1ns kadar sürecek bu ışıma, neredeyse 30 cm uzunluğunda bir lazer demetidir. Eğer bir rezonatör/çınlanım kovuğu konulsa bile, çıkış enerjisine fazla katkısı olmaz. Kovuğun arkasına yerleştirilecek tam yansıtıcı bir ayna, çıkış gücünü 2-3 katına çıkarabilir ve ışın dağılımını azaltıp kalitesini yükseltebilir. Lazer çıkışını bir yöne doğru artırmak, akım yönlendirmesiyle de yapılabilir. Bunun için, elektrotları paralel yerleştirmek yerine, çıkışa doğru açılan bir kanal yapmak (örneğin arkada 1 mm elektrot açıklığı, çıkışta da 2 mm elektrot açıklığı) tüm ışını çıkışa yönlendirecektir.

Nasıl yapacağız? Bu yazının amacı, bir azot lazerini en sıradan malzemeyi kullanarak kurmaktır. O halde malzeme listesini oluşturalım:

1. Mutfakta kullanılan aluminyum folyo
2. Fotokopicilerde kullanılan lazer yazıcı için asetat (bu iyi kaliteli, A4 büyüklüğünde bir tepegöz yansısı olmalı)
3. Cam, ahşap, plastik gibi yalıtkan malzemelerden bir taban (A3 büyüklüğüne yakın)



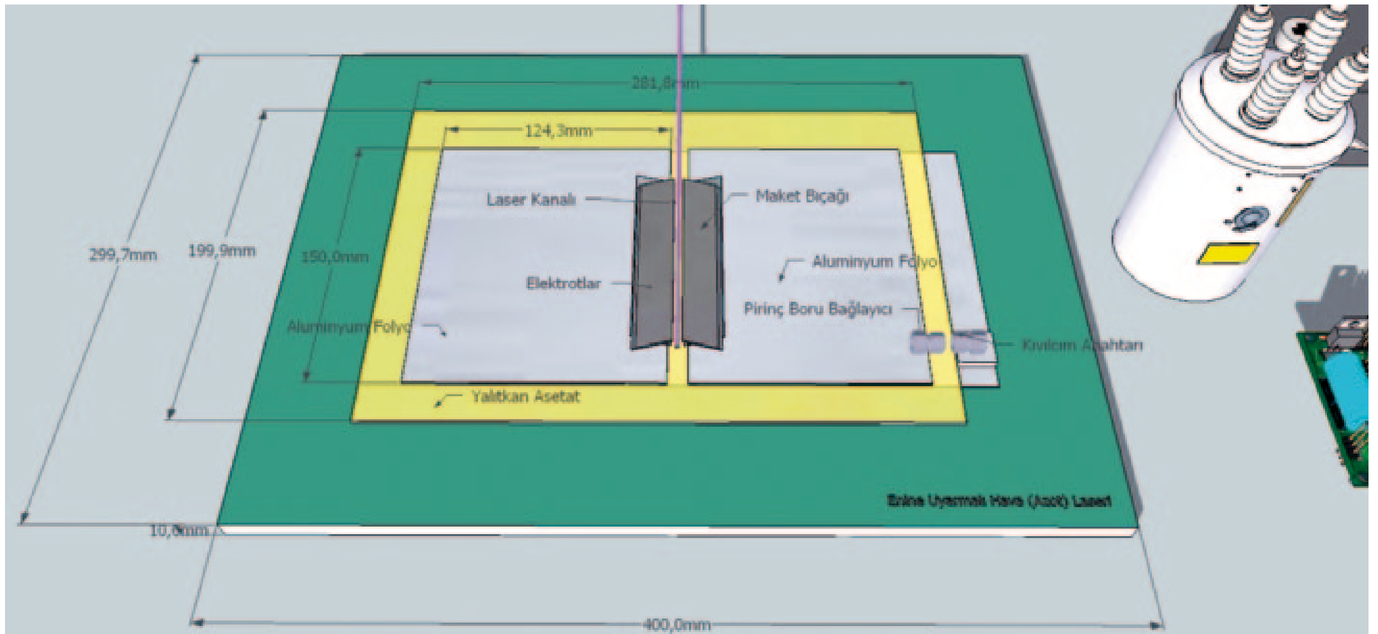
Hava lazeri elektrotlarının yerleştirme çizimi. Mor çubuk, lazer ışınını temsil ediyor.

4. 1-10 kΩ değerinde, 1-2 W gücünde direnç ya da 1mm kadar çapta bakır telden yapılmış, 1-2 cm çapında ve 4-5 tur sarılmış endüktör
5. Makas, bıçak, tornavida, pense, bant, tel, çeşitli bağlantı malzemeleri
6. İki tane pirinç boru parçası, nipel
7. 4 tane geniş maket bıçağı
8. 10-20 bin Volt çıkış veren güç kaynağı☺. Evet, projenin gizli kısmı buydu. Bulması en zor olanı, beceri ve dikkat isteyeni, tehlikeli olanı. Aslında deneysel becerileri geliştikçe, insan çevresinde hangi aygıtın neler içerdiğini, neyin nasıl güvenle kullanılabileceğini öğrenir. Örneğin bu yüksek gerilim kaynağı hurda bir televizyondan, eski bir bilgisayar monitöründen, bir lazer yazıcısından, mutfaktaki ocak ateşleyicisinden, elektrikli saç fırçasından, atılabilir/tek kullanımlık bir fotoğraf makinası flaşından, otomobil ateşleme düzeneğinden çıkarılıp uyarlanabilir.

Ben deneyler sırasında elimdeki bir neon güç kaynağını kullandım. Deneyimsiz olanlara kesinlikle önermem. Eğer yüksek gerilim kaynağını kullanmaya yatkın değilseniz, önce pille çalışan, elektrik hattına bağlanmayan araçlar kullanmanız daha doğrudur.

İşte burada yazıya ara verdim. İstanbul Atatürk Oto Sanayi Sitesi'nde dolaştım ve zorlanarak da olsa ucuz bir ateş-

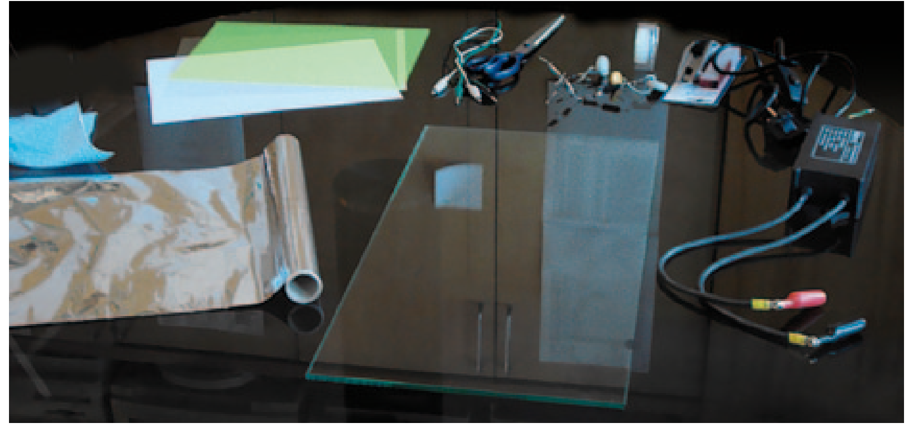
Hava Lazerinin yerleştirme çizimi. Ölçüler, yaklaşık değerlerle verilmiştir.



leme trafosu buldum. Zorluk nedeni aslında aradığım şeyin adıydı. Neyse ki endüksiyon bobini, bobin, ateşleme bobini, ateşleme trafosu, platin trafosu diye sora sora bulunuyor. Bu trafoyu eski bir kesintisiz güç kaynağından (UPS) çıkardığım 12V akü ile çalıştırmaya karar verdim. Yazı başka türlü isteklerimi/ hedeflerimi karşılamayacaktı. Yani güç kaynağı için hem ucuz, hem de güvenli bir öneride bulunmalıydım ki "sıradan malzemeyle ucuz bir güçlü lazer" yapılabilsin.

Şöyle bir devre yaptım: Her yerde bulunabilecek, her elektronikçinin kullandığı, bildiği LM555 zamanlayıcı tümleşik devreyi kullanarak darbe genişliği kipleyicisi kurdum. Ateşleme trafosunun birincil sargısının direncini ve endüktansını hesaba katarak (yaklaşık 4Ω ve 8mH) en büyük darbe genişliğini 8mS ve güç kaynağını 12V aldım. Böylece 125 Hz salınım frekansında darbe genişliği 0-8 ms (yük döngüsü %1-%100) arasında ayarlanabilen bir sürücü tamamlandı. Bu sürücü çıkışına eklediğim bir mosfet güç transistörü ve koruma öğeleriyle de ateşleme trafosuna denetimli akım vererek ikincil sargı çıkışından 0-20 bin volt gerilim elde edebildim. Trafo çıkışına televizyon tüplerini beslemekte kullanılan, 12kV engelleme gerilimi değerinde üç diyotu seri olarak bağladım. Bunun da güvenli çalışması için seri olarak 1 ile 10 Megaohm dirençle akım sınırlaması yapmak ve her diyota paralel olarak 1MΩ değerinde gerilim bölücü/dengeleyeci direnç bağlamak uygun olacaktır. Güç kaynağı için başdöndürücü çeşitlilik vardır. Kullandığım devre tasarımı, geri uçuşlu (*flyback*) topolojide anahtarlamalı bir güç kaynağı. En verimli ve en güçlü kaynak değil. Ama yapımı, çalıştırması ve onarımı kolay bir devre. Bu devre basit yapısıyla, uzay montajı yapmaya uygundur. Ben de öyle yaptım. Baskılı devre, delikli plaket, deneme tahtası gibi yöntemler gereksizdir. Bir havya ve dikkatli, özenli lehimlemeyle devreyi kurabilirsiniz.

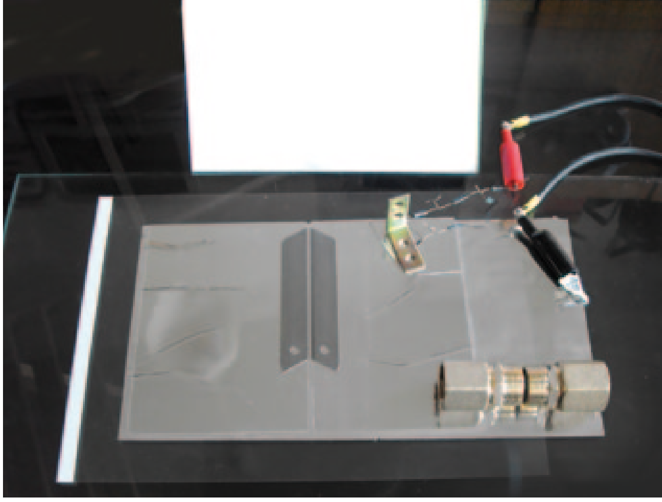
Artık lazer malzememiz hazır ve kurmaya başlayabiliriz. Durun! Sonraki aşamaya geçmeden güvenlikten söz etmek istiyorum. Yıllar önce H. J. Zeiger, lazerlerle ilgilenmemi desteklemek için üç kitap armağan etmişti: Lasers & Light (hala dönüp de okuduğum, temel bilgiler içeren bir *Scientific American* derlemesi), Laser Buyer's Guide (alışveriş kılavuzu, adresler, optik ve elektronik üretici adresleri ve fiyat, özellik bilgileri derlemesi), Laser Safety Booklet (lazerlerle güvenli çalışmanın kuralları, yönetmelikler ve laboratuvar denetimi kitapçığı). Bunun nasıl güçlü bir üçlü reçete olduğunu her çalışmamda gördüm. Çalışma ortamının ve deneysel düzeneğin zararsız olmasını sağlamak, can ve mal güvenliğini, çevre güvenliğini gözetmek bilimcinin ilk görevi ve sorumluluğudur. Bu yazıdaki düzenek, kullanılan malzeme, kurulan ve çalıştırılan sistemin ögeleri son derece sıradan olsa da tehlikeli ve zararlı olabilir. Örneğin maket bıçakları son derece keskindir. Dikkat ve özenle kullanılmalı ve sert bir kutu içinde çöpe atılmalıdır. Gerektiğinde güç kaynağı 20 bin volt çıkış verebilir. Bu da insanı 5-10 cm uzaklıktan bile çarpabilir. Lazer kapasitörleri yüksek gerilimi depolayarak daha da çarpıcı bir tehlike kaynağı oluşturur. Kıvılcım anahtarı, plazma kovuğu ve lazer çıkışı çok yüksek şiddette mor ötesi (UV) ışık kaynağıdır. Bu dalgaboyundaki ışık katarakt ve deri kanseri oluşturmaya neden olur. Oluşan elektrik arkları, nanosaniyelerde milijuller ölçeğinde enerji boşalımları yapar ve akustik şok dalgaları / çok yüksek şiddette ses çıkarırlar. En azından şunlar yapılmalıdır:



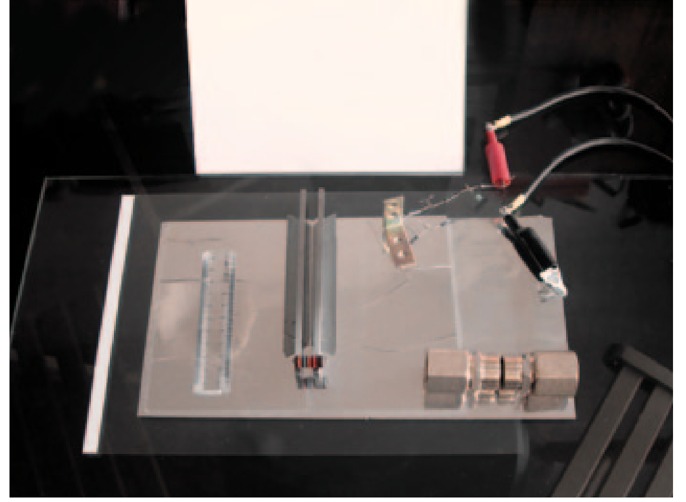
Hava Lazeri yapımında kullanılan malzemeler. Sağ tarafta, ilk çalıştırmada kullanılan ayarlanabilir yüksek gerilim kaynağıdır.

1. Bu tür çalışmalar yalnız başına yapılmamalıdır,
2. Ortamda ilgisiz ve bilgisiz kişiler bulunmamalıdır,
3. Çocuklar ve yaşlılar uzak tutulmalıdır,
4. Sol el, çalışırken cepte ya da belde tutulmalıdır (böylece elektrik çarpması olasılığında, kalpten akım geçiş olasılığı düşer),
5. Ortam sürekli havalandırılmalıdır. Yüksek gerilim boşalmalarında zararlı ozon gazı oluşur, laboratuvar ortamında çeşitli kimyasal buharlar bulunur,
6. Eller çalışma sonrasında yıkanmalı, her fırsatta temizlenmeli ve deney ortamında bir şey yenilmemeli ve içilmemelidir,
7. Deney düzeneği temiz ve düzenli tutulmalıdır,
8. Koruyucu gözlük (bir nalbur ya da kimya dükkânından en azından polikarbonat koruma gözlükleri alınabilir) kullanılmalıdır,
9. Lastik bulaşık eldivenleri hem rahat kullanılır hem de kirden ve elektrikten yalıtım sağlayabilir,
10. Eczaneden kulak tıkacı alınır ve ses koruması sağlanır, ameliyat maskesi alınır tozdan koruma sağlanır.

Önlemlerimizi aldıktan sonra düzeneğimizi kurmaya başlayabiliriz. Önce A3 boyutlarına yakın yalıtkan taban malzemesini masaya yerleştirin. Bunun üzerine, A4 boyutlarında 2 cm kenar boşluğu bırakacak büyüklükte alüminyum folyo kesip düzgünce yayın. Bunun üstüne tepegöz asetatını koyun. Simetrik bir yerleşim sağlayacak şekilde, 18 cmx13 cm bo-



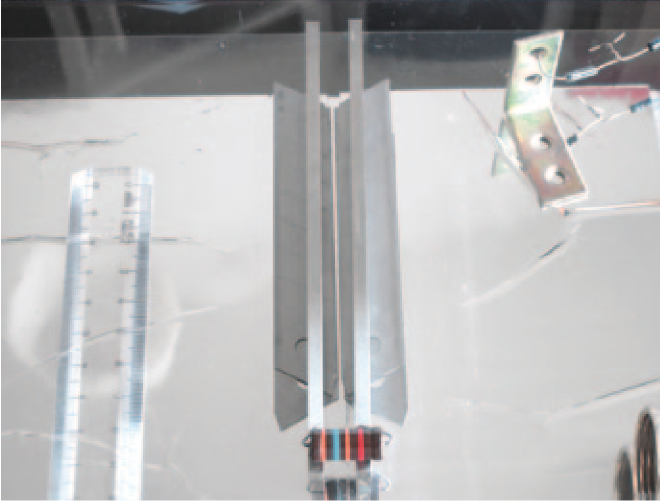
Hava lazerinin kapasitörleri ve ilk elektrotları yerleştirilmiş hali.



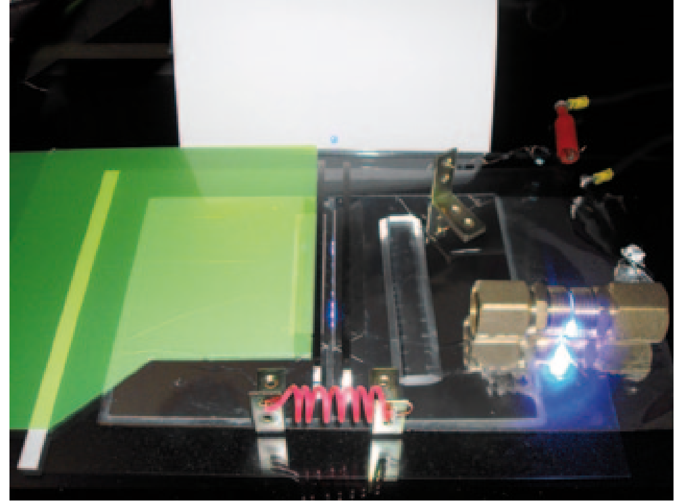
Hava lazerinin kurulduktan sonra görünümü. Sağda kıvılcım anahtarı, ortada plazma kanalı ve bıçak elektrotların üzerinde ağırlık olarak konulmuş çelik lamalar.

yutlarında iki alüminyum folyoyu, aralarında 6-7 mm bırakarak asetat üzerine koyun. Gerekirse, köşelerinden bantla tutturabilirsiniz de. Ortadaki kanal, plazma kanalı olacağı için düzgün kesim ve paralel folyo yerleşimine dikkat edin. Bu kanal üzerine, keskin kenarları kanala bakacak durumda iki maket bıçağını paralel ve aralarında 4 mm kalacak gibi koyun. Çaresiz kalmadıkça yapıştırmayın ve önce alkolle güzelce temizleyin. Bu son iki öneri ayar yapmak gerekeceği ve iletkenliği yüksek tutmak için gerekliydi. Bu bıçakların üzerine, keskin tarafı kanal dışına bakacak durumda ve aralarında neredeyse 1mm kalacak aralıkta birer bıçak daha koyun. Elbette bıçaklar dikkatlice temizlenmiş olmalı. Şekil ve fotoğraflarda dikkatinizi çekecektir; bu bıçaklardan enerji kaynak kapasitörü tarafında olana bantla A4 büyüklüğünde plastik bir dosya kapağı yapıştırdım. Bant, iletkenlik gerektiren yüzeylere ilişmiyor. Ama bu plastik parçası, kapasitörlerden 10-15 cm uzakta güvenli bir ayar levyesi olarak çalışıyor. Hem elektrodu ileri geri çok hassas oynatabilmek hem de açı verebilmek çok kolaylaşıyor. Hele yüksek gerilimden uzak bir bölgede bunu yapabilmek insanı rahatlatıyor. Bıçakların üzerine ağırlık yerleştirmek yüzeylerin birbirine daha iyi değmesine neden oluyor. Ben her bıçağın üzerine çelik lama yerleştirdim. İki kapasitör plakasını eş gerilimle yükseltmek için 1-2 W gücünde 1-2 kΩ değerinde bir direnç kullanabilirsiniz ya da 5-6 sarımlık, kalınca bir bakır telden bobin sarıp endüktör yapabilirsiniz. Bu, doğru akıma fazla engel çıkarmadan kapasitörleri doldurmayı sağlar. Ama enerji kapasitörü plazma kanalına boşalırken binlerce amper akım nanosaniyelerde aktarılır. Bu hızlarda hem endüktör hem de direnç devreyi açık tutar. Yani üzerinden çok az akım geçebilir. Bir tür akım hızına bağlı anahtar gibi çalışırlar. Tersinme kapasitörü tarafına bir kıvılcım anahtarı yerleştirmeliyiz. Bunu da iki tane yarım parmak çapında, pirinçten yapılmış boru çevirici nipel kullanarak yapabilirsiniz. İki pirinç parçayı, aralarında 3-4 mm (Havanın 1 atmosfer basınçta elektriksel yırtılma gerilimi 25 kV/10 mm'dir. O halde bu kıvılcım anahtarı yaklaşık 7,5-10 KV anahtarlama gerilimi oluşturacaktır) kalacak şekilde, alt kapasitör plakası ve üst kapasitör folyosu üstüne koyun.Yüksek gerilim kaynağının artı ucunu üst kapasitör folyosuna, eksi ucunu da alt folyoya iliştirin. Artık ayar yapmaya ve lazeri çalıştırmaya hazırsınız. Güç kaynağı ayarınızı, saniyede 3-4 kez kıvılcım anahtarında ark olacak güce getirin. Sonra da hiçbir iletkene dokunmadan, ayar plakasıyla oynayarak, plazma kanalındaki arkların, kanal boyunca eş dağılmasını sağlayın. Kanal aralığı paralel ve 1mm kadar olduğunda, kanal çıkışına bakacak şekilde yerleştirdiğiniz beyaz kâğıtta 2mmx4mm boyutlarında (elbette uzaklığa bağlı, kâğıdı 10 cm kadar uzaklıkta varsayıyorum) mor/mavi renkte ışıldayan eliptik bir nokta belirmelidir. İşte, azot lazeri çıkışını elde ettiğiniz an budur. Işık noktasını daha düzgün, daha parlak olacak gibi ayarladıktan sonra, neşeyle bir süre başarınızın keyfini çıkarın derim.

Sonrası: Azot lazerinin çıkışı 337,1 mm dalgaboyundadır ve gözle görülmez. Ama kâğıt ve tekstilde kullanılan ağartıcılar, morötesinde ışıma yaparak parlak beyaz bir etki verir. Bu da azot lazerini görmemizi sağlar. Değişik malzemelerin, renkli floresan mürekkeplerin, floresan markalayıcıların etkisine bakabilirsiniz. Azot lazerinin bilimsel bir etkileyiciliği var. Kısa zamanda verdiği yüksek güç, bir çok atomik ve moleküler görüngünün (olay/fenomen) incelenmesine olanak verir. Bulutlardan yansıtarak yükseklikleri ölçmek, Raman saçılmasıyla malzemelerin moleküler özelliklerini incelemek, morötesi uyarı spektroskopisi yapmak, nano kürelerde optik deneyler/pompalama yapmak, kuantum noktalarını incelemek, plazma dinamiği görüntülemesi, hızlı sıvı akışı görüntülemesi, mikroark spektroskopisi, boya lazeri pompalaması için kullanabiliriz böyle bir lazeri.



Plazma kanalı, elektrotlar ve yüksek gerilim bağlantısının yakından görünüşü.

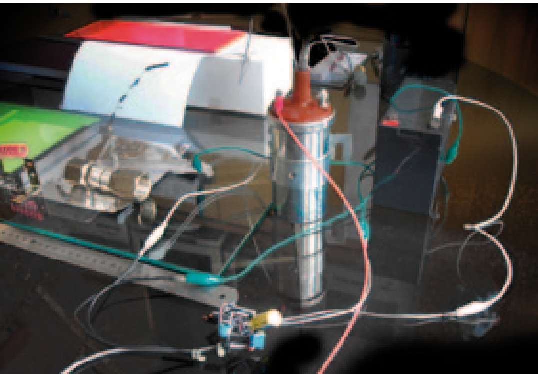


Hava lazeri çalışırken. Kıvılcım anahtarı ve plazma kanalı ışıldıyor. Karşıdaki beyaz kağıt üzerinde lazer ışını parıldaması görünüyor. Soldaki sarı plastik parça, elektrot açısı ve aralığını güvenle ayarlamak için kullanılıyor.

Pekiyi, elimizdeki bu düzenek için neler yapılabilir, nasıl iyileştirilebilir? Bu lazerin tasarımında özgür bir yöntem belirlemeye çalıştım. Anlatılan sınırlar içinde birçok değerdeki değişken için sistem çalışacaktır. Ancak en iyi değerlerde çıkış vermeyecektir. Neler yapılabilir?

1. Kapasitörlerin boyutları ölçülmeli ve değerleri hesaplanmalıdır.
2. Kapasitörlerin değerleri ölçülüp hesaplarla karşılaştırılmalıdır.
3. Gerilim ölçülmeli ve boşalma enerjisi hesaplanmalıdır.
4. Boşalma zamanı, elektromanyetik hesaplarla bulunmalı, hızlı fotodiyotlar ve osiloskopla lazer darbe genişliği ölçülmelidir.
5. Bu değerin değişimiyle lazer gücü değişimi ölçülmelidir.
6. Plazma kovuk aralığıyla, lazer gücü ilintisine bakmalıdır.
7. Plazma elektrotları arasında birçok kıvılcım görünür. Aslında bu kıvılcımlar enerji harcar ve lazer dönüşümüne katkıda bulunmaz. Daha temiz ve yuvarlatılmış, düzgün elektrot yüzeyleriyle kıvılcımsız, mor renkte plazma sütunu elde etmeye çalışmalıdır.
8. Havada bulunan oksijen, lazerin verimini düşürecektir. Azot gazı edinerek, kovuğa azot besleme yolları bulmak, bunun lazer çıkış gücüne etkisine bakmak ilginç olacaktır.
9. Lazer düzeneğini, ayar gerektirmeyecek şekilde kurmak, güvenli şekilde kutulamak ise başka bir önemli aşamadır.
10. Lazer boyutlarını değiştirerek güç artışı sağlamak önemli ve zorlu bir çalışmadır.
11. Yeterince güçlü çıkış veren tasarımla, lazerin çıkışı bir mercekle odaklanırsa, metal yüzeylerde ark yapılabilmelidir. Bu güçlerdeki bir lazeri silindirik mercekle odaklayarak boya lazeri yapabilir ve değişik dalgaboylarında lazer ışığı elde edebilirsiniz.
12. Plazma kanalının her iki ucundan da lazer çıkışı olacaktır. Eğer arka çıkışa yüzey kaplı bir ayna (bir tarayıcıdan ya da bir lazer yazıcıdan 10mmx50mm boyutlarında çok kaliteli ayna çıkarabilirsiniz ve kesmeden bu boyutlarda kullanabilirsiniz) yerleştirir ve lazer ışığını kanala geri yollarsanız çıkış enerjisi 2-3 kat artabilir. Hatta ışın kalitesi (açılma açısı, eş dağılımı) yükselebilir de. Bir de elektrotları paralel yapmak yerine küçük açılar vererek tüm ışınların kanalın bir tarafından çıkmasını da sağlayabilirsiniz.
13. Elektromanyetik alan deneyleri yapmak isterseniz, kıvılcım aralığı/ark anahtarı konumuyla oynayarak bunun lazer çıkışının ön ve arka pencerelerdeki gücüne etkisini ölçebilir ve hesaplar yapabilirsiniz.

Galiba bu yazıyı yazmaya bir son veremeyeceğim! En iyisi değerli kaynakları sıralayıp, size eğlenceli çalışmalar dilemek…



Lazer düzeneği yeni güç kaynağıyla kurulmuş durumda. Ortadaki metal silindir endüksiyon bobini, en öndeki devrecik yüksek gerilim oluşturan osilatör.

Kaynaklar

Lue, J. T., "Design Criteria of Subnanosecond UV N_2 Lasers Operating at Atmospheric Pressure", IEEE Trans. Inst. Meas., Cilt IM-34, Sayı 3, s. 436, Eylül 1985.

Herden, W., "Compact High Power Subnanosecond N_2 and "Open Air" Lasers at 760 Torr", Phys. Lett., Cilt 54A, Sayı 1, s. 96, Ağustos 1975.

Small, J.G., Ashari, R., "A Simple Pulsed Nitrogen 3371 Å Laser with a modified Blumlein Excitation Method", Rev. Sci. Inst. Cilt 43, Sayı 8, s. 1205, Ağustos 1972.

Bergmann, E. E., "UV TEA Laser with 760 Torr N_2", App. Phys. Lett., Cilt 28, Sayı 2, s. 84; Ocak 1976.

Svedberg, A., "Observation of Superradiant Laser Action in Spark Discharges in Air at Atmospheric Pressure", App. Phys. Lett., Cilt 12, Sayı 3, s. 102, Şubat 1968.

Stong, C. L., "Amateur Scientist", *Scientific American*, Cilt 230, Sayı 6, s. 122, Haziran 1974.

Oğuzhan Vıcıl

Dr., Bilimsel Programlar Uzmanı, TÜBİTAK Bilim Toplum Daire Başkanlığı

Lazer Riskleri ve Güvenliği

>>>

Birçoğumuz küçük yaşlardan itibaren bilim-kurgu filmlerinden ve çizgi romanlardan tanımışızdır lazerleri. En zorlu anlarda James Bond kol saatindeki lazer ile parmaklıkları kesip kaçmayı başarabiliyor, *Yıldız Savaşları*'nda imparatorluğun askeri merkezi konumundaki Ölüm Yıldızı yok edici süperlazeri ile barış ve huzur içinde yaşayan Alderaan'ı bir anda parçalıyordu. Gerçi ara sıra yanlış algılamalar da olmuyor değildi, örneğin Jedi şövalyeleri düşmanlarına meydan okurken lazer kılıcı değil, ilgililerinin de bildiği gibi farklı teknolojiye sahip ışın kılıcı (*light saber*) kullanırlardı. Son yıllarda ise sağlık, estetik ve teknoloji gibi farklı alanlardaki uygulamalar ile hayatımızda önemli bir yer almaya başlayan lazerler, çeşitli ışık oyunlarına aracılık etmesiyle eğlence sektöründe de boy göstermeye başladı. Oldukça düşük fiyatlara alınabilen el lazerleri ise (lazerli anahtarlıklar gibi) günümüzde büyük küçük birçok kişide mevcut. Önceleri bilinçsizce başkalarının gözüne lazer ışığı tutma gibi safiyane ama tehlikeli olabilen şakalar(!), günümüzde futbol ve basketbol maçlarında rakip oyuncunun dikkatini bozmak için kullanılmaya başlanmasıyla biraz çığırından çıkmış gibi gözüküyor.

Peki, uygulama alanları ve enerji yoğunlukları açısından çeşitlilik gösteren lazerlerin riskleri ve bunlardan korunma yöntemleri neler? Bir noktayı belirtmekte fayda var, profesyonel olarak işinin gereği lazerler ile çalışan kişilerin uyacağı kurallar ve korunma yöntemleri çok yönlüdür ve belli düzenlemelere tabidir. Biz burada sadece temel bazı bilgiler vermeyi amaçladık.

Lazerlerin riskleri temel olarak ışınla ilgili olan ve olmayan riskler olarak ikiye ayrılabilir.

Fotobiyolojik Spektrum Alanı	Göz	Cilt
Morötesi C (200 nm - 280 nm)	Işığa bağlı kornea enfeksiyonu (photokeratitis)	Kızarıklık (eritem) Cilt kanseri Hızlanmış deri yaşlanması
Morötesi B (280 nm - 315 nm)	Işığa bağlı kornea enfeksiyonu	Pigmentasyon artışı
Morötesi A (315 nm - 400 nm)	Fotokimyasal katarakt	Pigment kararması Cilt yanığı
Görünür Işık (400 nm - 780 nm)	Fotokimyasal ve ısıl retina hasarı	Pigment kararması Işık hassasiyeti reaksiyonları Cilt yanığı
Kızılaltı A (780 nm - 1400 nm)	Katarakt ve retina yanığı	Cilt yanığı
Kızılaltı B (1,4mm - 3,0 mm)	Kornea yanığı Aköz flare, Katarakt	Cilt yanığı
Kızılaltı C (3,0 mm - 1000 mm)	Kornea yanığı	Cilt yanığı

Yan tarafta ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından lazer ışınının pilotlar üzerinde etkisini gösteren simülasyon çalışmasından bazı kareler var.

Gerçek uçuş simülatöründen çekilen bu görüntülerde, 5 mW gücündeki yeşil renkli el lazerinin değişik yüksekliklerde kokpit üzerindeki etkileri gösteriliyor.

0 μW/cm^2 : Herhangi bir lazer aydınlatması mevcut değilken simülatör kokpitinin görüntüsü

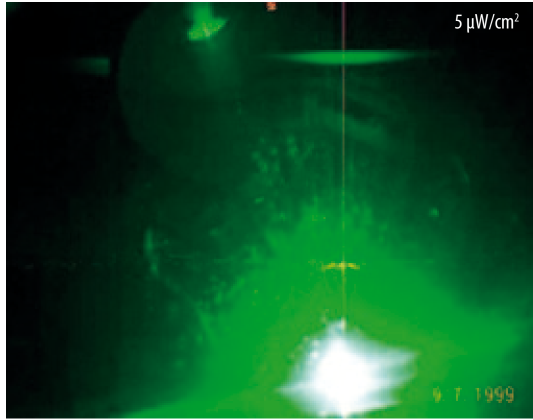
0,5 μW/cm^2 : 5 mW yeşil renkli el lazerinin yaklaşık 900 metre yükseklikteki etkisi

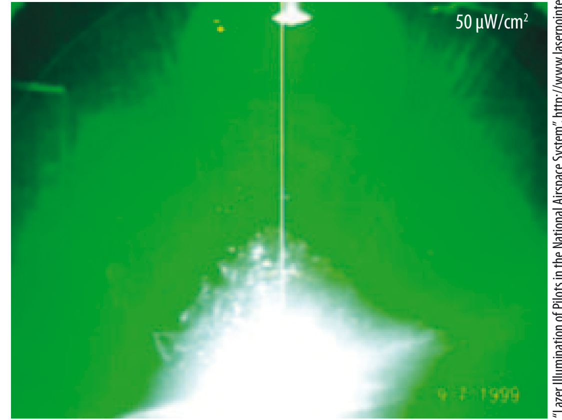
5 μW/cm^2 : 5 mW yeşil renkli el lazerinin yaklaşık 300 metre yükseklikteki etkisi

50 μW/cm^2 : 5 mW yeşil renkli el lazerinin yaklaşık 100 metre yükseklikteki etkisi









"Lazer Illumination of Pilots in the National Airspace System", http://www.laserpointersafety.com/LPSFiles/files.html

Işınla İlgili Riskler

Lazer ışınları gerekli önlemler alınmadığı zaman orta seviye cilt yanıklarından tutun, geri döndürülemez göz ve cilt hasarlarına varıncaya kadar ciddi sonuçlara yol açabiliyor. Lazerin ışın etkisi sonucu biyolojik hasar ısıl, akustik ve fotokimyasal süreçlere bağlı olarak ortaya çıkıyor. Maruz kalınan süre, ışının dalgaboyu, ışının enerjisi ve dokunun tipine göre hasarın boyutu değişiyor.

Isıl etki, absorbe edilen lazer enerjisi sonucu dokudaki sıcaklık artışına bağlı olarak ortaya çıkıyor. Akustik etki ise özellikle dokudaki sıvının lokal olarak buharlaşması sonucu oluşan mekanik şok dalgasına bağlı gelişiyor ve sonunda doku tahribatına kadar gidebiliyor. Fotokimyasal etkiler fotonların doku hücreleri ile etkileşimi sonucu hücre kimyasındaki değişmelere bağlı olarak ortaya çıkıyor.

Gözlerimiz vücudumuzdaki ışığa en hassas bölge. Gelen lazer ışığı çok yoğun olmasa bile, gözün ışığı odaklama özelliği sonucu lazer ışığı 100.000 kat daha yoğun olarak retinaya ulaşabilir ve geri dönüşü olmayan hasarlara sebep olabilir. Bu nedenle ne kadar düşük yoğunluklu olursa olsun, gözlerin lazer ışını ile doğrudan temasından kaçınılması ve lazerle yapılan çalışmalarda koruyucu gözlük kullanılması gerekiyor. Özellikle ışık spektrumunun görünür ışık ve yakın kızılaltı bölgesindeki dalgaboyuna sahip lazerler, retina hasarlarına yol açma açısından en yüksek risk grubunu oluşturuyor.

Cilt üzerindeki etkileri ise, lazerin dalgaboyuna bağlı olarak alt deriye (dermis) veya üst deriye (epidermis) işlemesi neticesinde ısıl ve fotokimyasal yolla oluşan yanıklar şeklinde ortaya çıkıyor. Dalgaboyuna bağlı olarak zararın büyüklüğü değişiklik gösteriyor. Morötesi lazerler fotokimyasal hasara bağlı olarak pigment değişimine ve güneş yanığına benzer etkiler gösteriyorken, kızılaltı lazerler ısıl etki nedeniyle daha ciddi cilt yanıklarına sebebiyet verebiliyor.

Işınla İlgili Olmayan Riskler

Biraz önce bahsettiklerimizden farklı olarak lazer ışını nedeniyle dolaylı riskler de söz konusu olabiliyor.

Yangın: Yüksek yoğunluklu lazer ışınlarının uygulanan maddeleri yakabilmesi sonucu yangın tehlikesi söz konusudur. Bu nedenle alev geciktirici malzemeler kullanılması ve lazerin çalışma alanı dışına çıkmasını önleyici opak lazer engelleri ile (örneğin perdelerle) çalışılması güvenlik açısından önem arz ediyor.

Zehirli Gazlar: Özellikle lazerle malzeme işlenmesinde, lazer ışını ile hedef maddenin etkileşimi sonucu zehirli gazlar, malzeme tozları ve eriyik damlacıkları ortaya çıkabiliyor ve çalışanlar açısından tehlikeli bir durum oluşturabiliyor. Örneğin metaller kesilirken arsenik, nikel ve krom içeren duman açığa çıkabiliyorken, plastik polimerler tehlikeli organik maddeler oluşturabiliyor. Benzer bir risk de ışın parlaklık limitleri aşıldığında, mercek kaynaklı oluşan kalsiyum ve çinko tellürün oksijenin mevcut olduğu ortamlarda yanması sonucu ortaya çıkabiliyor. Bu nedenle maruz kalınan zararlı madde miktarını insan sağlığı açısından kabul edilebilir limit değerlerin altında tutmak için birtakım önlemler alınması gerekiyor. Bunların arasında en etkin yöntemlerden biri, fiziksel olarak lazerin uygulandığı yerin dış ortamdan izole edilmesi. Diğer önlemler ise bu tür risklerin olduğu ortamlarda oluşacak zararlı dumanı ortamdan uzaklaştıracak, etkin çalışan havalandırma sistemi kurulması ve mümkünse operasyon sırasında standartlara uygun solunum cihazları (örneğin gaz maskesi) kullanılmasıdır.

Sıkıştırılmış Gazlar: Lazer uygulamalarında klor, flor, hidrojen klorid ve hidrojen florid gibi birçok zararlı gaz kullanılmaktadır. Bu nedenle kullanılan sıkıştırılmış gazların uygun muhafazalar içinde saklanması, tavsiye edilen metal borular ve parçalar ile güvenli ve kalıcı bir şekilde lazerle bağlantısının yapılması ve yönetmeliklerde yer aldığı şekilde saklanması gerekiyor.

Lazer Boyaları: Boyalı lazerlerde (*dye lasers*) aktif lazer ortamı sağlamak amacıyla bazı çözücüler ile birlikte özel boyalar kullanılmaktadır. Karmaşık floresan organik bileşikler olan bu boyalar, yüksek derecede toksik ve kanserojen olabiliyor. Bu sebeple, boya solüsyonları duman başlıkları altında hazırlanmalı, özel laboratuvar önlüğü, eldiven ve gözlük kullanılmalıdır.

İkincil Radyasyon: Uygulama esnasında birincil lazer ışınından bağımsız, güç kaynakları, deşarj lambaları ve plazma tüplerinden kaynaklanan ikincil radyasyon oluşabiliyor. X-ışını, morötesi, görünür ışık, kızılaltı, mikrodalga ve radyo frekansı formlarını alabilen bu radyasyonun olası etkilerini de güvenlik açısından dikkate almak gerekiyor.

Elektrik Kaynaklı Tehlikeler: Lazer güç kaynaklarında (örneğin deşarj lambalarında) yüksek gerilim kullanılıyor. Lazer sisteminde elektrik kaçağı olması, hasarlı kabloların kullanılmasına devam edilmesi, kurulum ve bakım esnasında dikkatsizlik neticesinde ölümcül kazalar meydana gelebiliyor. Bu nedenle yüksek gerilim kaynağı olan bölgelere geçişi engelleyecek fiziksel bariyer konulması, çalışmalar sırasında metal yüzük ve kol saati takılmaması, metal kalem gibi eşyaların kullanılmaması ve soğutma sistemlerinin oluşturduğu neme bağlı oluşabilecek elektrik akımı risklerine karşı dikkatli olunması gerekiyor.

Bugün 50. yılını kutladığımız lazer dünyası çok çeşitli ve renkli. Teknolojisi ve kullanım alanı sürekli genişleyen lazerlerin cinsine ve bunlara maruz kalma süresine bağlı olarak olası riskler ve bunlardan korunma yolları değişiklik gösteriyor. Gündelik yaşamda birçok kişi için bu risklerle karşılaşma olasılığı düşük olsa da işleri gereği sürekli lazerle çalışmak zorunda olanlar için ölümcül riskler söz konusu olabilmektedir. Hatta çoğunlukla elektrik kazaları gibi dolaylı riskler sonucu oluşan tehlikeler, lazer ışınlarının doğrudan etkilerinden daha sık görülebiliyor.



Ama tehlikenin bizi de ilgilendiren ve çok ciddi sonuçlar doğurabilecek bir yönü de var. Erişimi ve satın alınması kolay olan el lazerlerinin (laser pointer) bilinçsizce kullanılması, özellikle pilotlar üzerinde geçici görüş kaybına yol açma ve görüş alanını azaltması sebebiyle büyük tehlike oluşturuyor. Riskin gerçekleşmesi durumunda çok ciddi sonuçlar doğabileceği için ABD gibi bazı gelişmiş ülkeler bir dizi önlem almaya ve bu tür kullanımlar için hapis cezalarına varan yaptırımlar uygulamaya başladılar.

Kaynaklar
"Laser Hazards", http://web.princeton.edu/sites/ehs/laserguide/sec2.htm
"Laser Safety", Encyclopedia of Laser Physics and Technology, http://www.rp-photonics.com/laser_safety.html

Ramiz Hamid

Lazer ve Ölçüm

Lazer - Frekansı Kararlı Elektromanyetik Dalga Kaynağı

1954 yılında kuantum elektroniğinin doğuşu ile başlayan çalışmalar 1958 yılında spektrumun mikrodalga ve optik bölgesinde eşfazlı ışınımın oluşumu için optik kazancın elde edilmesini sağlamış ve 1960 yılında optik frekanslarda ilk kuantum osilatörünün üretimi ile tamamlanmıştır

Günümüzde geniş spektral (0,1µm – 10 µm) ve güç (1 µW – 1MW) aralığında sürekli-dalga ve darbeli (1 ms – 1 fs) çok sayıda lazer geliştirilmiştir. Çeşitli özelliklere sahip bu lazerler tıp alanında, spektroskopide, optik saat ve optik haberleşmede, endüstriyel kesme ve kaynak işlemlerinde yaygın uygulama alanı bulmuştur.

Görünür bölgedeki ışınım frekansı yaklaşık 500 THz'dir (500 Trilyon Herz). Başka bir deyişle lazer ışıması 1 saniyede 500 trilyon salınım yapıyor. Ancak, 1 saniye içindeki 500 trilyon salınım sayısı sabit kalmıyor ve yaklaşık 5 salınım az veya çok olabiliyor. Bu değer, lazerin 1 saniye içindeki frekans veya periyot kararlılığını (5 salınım/500 trilyon salınım) göstermektedir. Bu özelliği, yani sabit frekanslı elektromanyetik dalga üretebilmesi, lazerlerin optik saat ve hassas uzunluk ölçümü gibi uygulamalardaki önemini her geçen gün artırmaktadır. Lazer ile elde edilen frekans kararlılığının teknolojik olarak ulaşılabilen çok iyi bir değer olduğunu iki örnek ile vurgulayabiliriz. Birinci örnek olarak bir doğa olayını ele alalım. Bilindiği gibi Dünya Güneş etrafında 1 yıllık periyotla, kendi ekseni etrafında ise 1 günlük periyotla dönmektedir. Bu periyodik hareketlerin kararlılığı yaklaşık olarak milyarda bir civarındadır. İkinci örnekte ise günümüzde üretilen ve 1 günlük kararlılıkları milyarda bir veya on milyarda bir civarında olan, en pahalı RF sinyal jeneratölerini veya kuvars osilatör temelli saatleri ele alalım.

Temel SI biriminden biri olan zaman (frekans) birimi saniye (Hz), günümüzde bin milyarda bir hatta bir milyon kere milyarda bir (10^{-13} -10^{-15}) doğrulukla ölçülebilen bir birimdir. Bu nedenle, diğer birimlerin ölçüm doğruluklarını artırmak için zaman ve frekans ölçümlerinden yararlanılmaktadır.

Yüksek frekans doğruluğuna (10^{-11}-10^{-15}) sahip elektromanyetik dalgaların üretilmesi ve bu doğrulukla da ölçülebilmesinin bilim ve teknolojide çok büyük önemi vardır. Her ne kadar günümüzde en yüksek doğrulukla üretilebilen ve ölçülebilen birim zaman ve frekans olsa da hem bu birimin hassasiyetine olan gereksinim hem de bu birimden türetilen diğer birimlerin belirsizliğinin azaltılması, frekans ölçümlerine olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda, hem mikrodalga hem de optik frekans standartlarıyla ilgili çalışmalar aktif bir şekilde devam etmekte olup 1x10^{-15} mertebesinde kararlılığa ulaşılmıştır.

Uzun yıllardan beri lazerlerin geliştirilmesine rağmen sıradan lazerlerin frekans kararlılıkları ve frekans doğrulukları 10^{-7}-10^{-9} civarındadır. Ancak fiziksel birimlerin yüksek doğrulukla üretilebilmesi ve ölçülmesi, sabitlerin yüksek doğrulukla bilinmesi, spektroskopi uygulamaları, atomların lazer ile soğutulması ve tuzaklanması, gravitasyon dalgalarının algılanması çok kararlı lazerlerle mümkündür. Ölçümbilimde ise uzunluk ve yer değiştirme ölçümleri, zaman ve frekans standartları, haberleşme ve konumlama gibi teknolojik alanlardaki uygulamalar, hem lazerlerin frekans doğruluk ve kararlılığının 10^{-7}-10^{-9} mertebelerinden 10^{-11}-10^{-15} mertebelerine çıkartılmasına hem de onların mutlak frekans değerlerinin bu seviyelerde izlenebilir bir şekilde ölçülmesine olan ihtiyacı her geçen gün artırmaktadır.

Lazerlerin Frekans Kararlılığı

Örneğin sıcaklığın değişimiyle aynalar arası mesafe ve dolayısıyla lazer frekansı artarsa, elektronik sistem aynaların bağlandığı piezoelektrik ayna konumlandırıcısına geri besleme gerilimi göndererek aynayı ters yönde hareket ettirir ve lazerin frekansını atomların enerji geçişine sabitleyerek kararlı hale getirir. Lazer frekansının atomik ve moleküler geçişlerde kararlılığı elektronik sistemin parametrelerinin yanı sıra kullanılan atomik gazın parametrelerine de bağlıdır. Lazer-atomik gaz etkileşimi sırasında

Teşekkürler: Enstitümüzde lazer ve ölçüm altyapısının kurulmasında emeği geçen, bu alanda çalışmalarına halen devam eden tüm TÜBİTAK UME yönetimine ve çalışanlarına teşekkürü bir borç biliyorum.

soğurum rezonanslarının çizgi kalınlıkları, lazer frekans kararlılıklarını doğrudan etkilemektedir. Lazer frekansı, soğurum rezonansının tepe noktasına denk gelen frekansa kilitlendiği zaman tepe noktasının yakını etrafında salınım yapmaktadır. Bu salınım genliği geri besleme için kullanılan elektronik sistemlerin parametrelerine de bağlıdır. En iyi parametrelere sahip elektronik sistemler ile frekans stabilizasyonu sırasında elde edilen frekans kararlılıkları veya lazer frekans salınımları, rezonans soğurum spektrumunun çizgi kalınlığının 1000 kat altında olabilir. Bu nedendle de çeşitli dalga boyundaki lazerler ile etkileşime girebilecek enerji geçişlerine sahip gazlar seçilir.

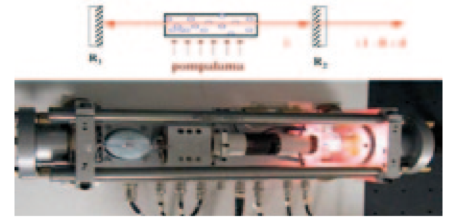
Bazı durumlarda rezonans kalitesini artırmak amacıyla lazer ışıması özel tasarlanmış, Fabry-Perot interferometresi rezonanslarına kilitlenmektedir. Fabry Perot interferometresi, en basit şekilde, aralarındaki mesafenin hassas bir şekilde ayarlanabildiği hizalanmış iki aynadan oluşur. Bu deneylerden farklı olarak, lazer atom veya moleküllerinin enerji geçişlerine kilitlendiği zaman, ürettiği elektromanyetik ışımanın çok iyi tanımlanmış ve dış etkenlerden kolayca etkilenmeyen bir frekansı vardır.

Lazer Frekans Ölçümü

İlk lazerlerin gerçekleştirilmesinden bugüne kadar frekansın atom ve moleküllerin enerji geçişlerine kilitlenmesi çalışmaları hızla yayılmış ve 60'lı yılların sonunda 10^{-11}-10^{-12} mertebelerine ulaşılmıştı. Ancak iki seviyeli kuantum geçişleri ile belirlenmiş lazer frekansının RF ve mikrodalgadan farklı olarak çok yüksek değerlerde (500 THz) olması, lazerlerin mutlak frekans ölçümünü çok ciddi, zor ve pahalı bir deney olarak bilim adamlarının karşısına çıkarmıştır. 1972-1999 yılları arasında lazer frekans ölçümleri dünyada birkaç laboratuvarda kurulan RF-optik frekans zinciri ile yapılabiliyordu. Bu laboratuvarlar SSCB, Almanya, İngiltere ve ABD metroloji enstitülerinde kurulabilmişti ve bu laboratuvarlarda bile kısıtlı miktarda lazer frekansı ölçülebilirdi.

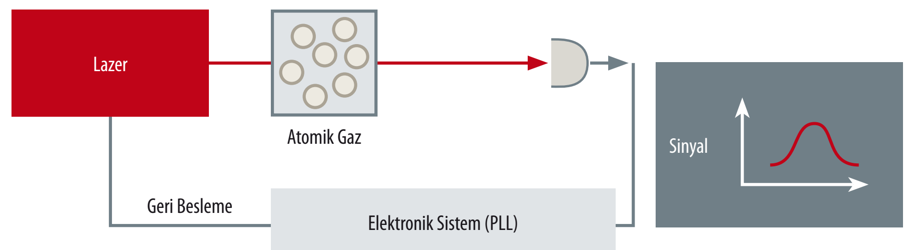
Lazer frekansını ölçmek zor olduğu için çok hassas metroloji deneylerinde, örneğin farklı ülkelerde yapılan lazer ile uzunluk ölçümleri deneylerinde, karşılaştırma deneyleri uygulanırdı. Bu yaklaşım şimdi de kısmi olarak devam etmektedir. 633 nm dalgaboyunda çalışan ve Paris'teki Uluslararası Ölçüler ve Ayarlar Merkezi (BIPM) tarafından geliştirilen lazerin frekansı RF-optik frekans zinciri ile ölçülmüştür. Bu ölçümler sırasında lazerin gücü, lazer frekans kilitlemesinde kullanılan $^{127}I_2$ gazının basıncı ve lazer frekans modülasyonu belirli değerlere ayarlanmıştır. Diğer ülkelerde ve bizim ülkemizde, TÜBİTAK UME'de geliştirilen He-Ne/I_2 lazerinin parametreleri aynı değerlere ayarlanmıştır. Bu cihaz, daha sonra BIPM'e taşınarak uluslararası standart ile "*beat*" tekniği kullanılarak karşılaştırılır.

2000 yılından itibaren geliştirilen femtosaniye lazerleri, optik frekans ölçümlerinde yeni bir devrim niteliği taşır. Derginin bu sayısında femtosaniye lazerler ve onların parametreleri hakkında bilgiler ayrıca sunulmuştur. Ancak biz burada femtosaniye lazerlerin optik frekans ölçüm metrolojisindeki önemini vurgulayacağız. Ti:Sa ve Er fiber femtosaniye lazer ışınımları fotonik fiberden geçtikten sonra, kalınlıkları 20-100 fs ve aralarındaki zaman süreleri de 1-100 ns atımlar şeklinde yayılmaktadır. Elde edilen elektromanyetik spektrum aynen hassas bir cetvel gibi kullanılabilmekte ve bu özelliğinden dolayı frekans tarağı (*frequency COMB*) olarak adlandırılmaktadır. Tek renkli lazerin frekans ölçümlerinde kullanılan femtosaniye lazerin frekans tarakları, cetvel üzerindeki milimetre çizgileri gibi, bir ölçek niteliği taşımaktadır. Ölçümler sırasında frekans tarakları arasındaki fark, frekansının değişmemesi için atomik saatin referansı 10 MHz frekansına kilitlenmektedir.



Aktif ortam, iki aynadan oluşan optik rezonatör, aktif ortamdaki atom veya molekül temelli kuantum osilatörlerin üst seviyeye pompalanması ve ışımanın güçlendirilmesi ile elde edilen lazerin blok şeması ve bu ilkeler doğrultusunda TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsünde (UME) üretilen ve spektrumun kırmızı ışınım bölgesinde He-Ne/$^{127}I_2$ lazerinin görüntüsü

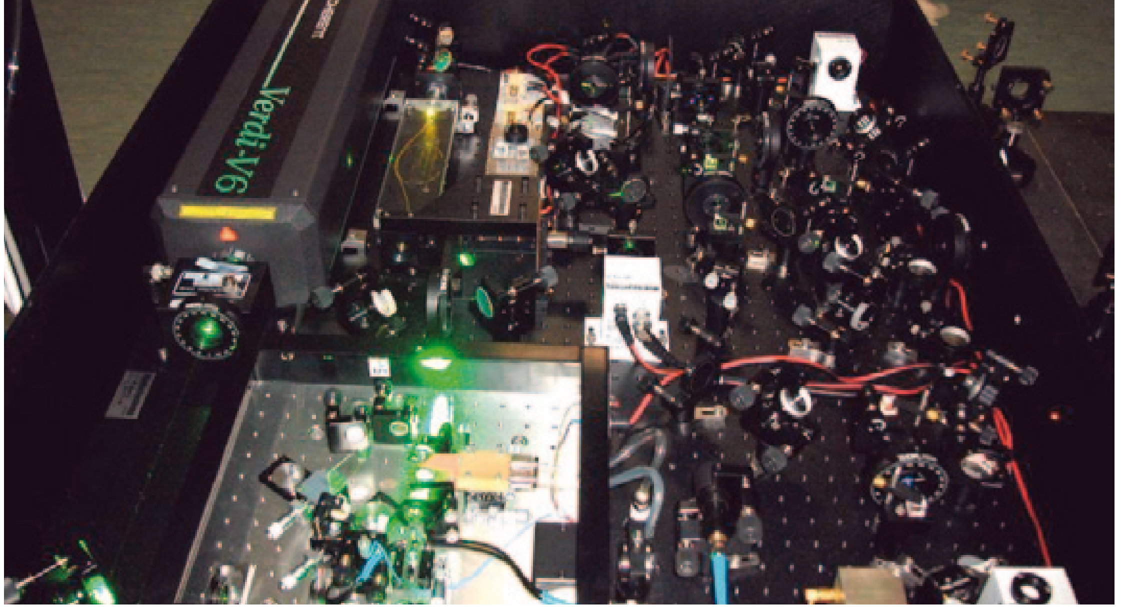
Kullanılan atomik saatlerin frekans doğruluğu ve uluslararası izlenebilirliği ise GPS uyduları ve 250 atomik saatin kullanımıyla oluşan uluslararası koordine zaman (UTC) ölçeği üzerinden sağlanmaktadır. 2000-2010 yılları arasında fs COMB temelli lazer frekans ölçüm sistemleri onlarca laboratuvarda kurularak optik frekans ölçümlerine ve optik saatlerin yapılmasına ciddi ivme kazandırmıştır. Bu başarılar 2005 yılı Nobel Fizik Ödülü'nün Roy J. Glauber'e (Harvard Üniversitesi, ABD) "optik koherent olayların kuantum teorisinin geliştirilmesi", John L. Hall ve Theodor W.Hänsch'e ise "optik frekans comb tekniklerinin kullanımıyla hassas lazer spektroskopisi" alanında verilmesi ile önemsenmiştir. Sonuç olarak geliştirilen RF destekli fs COMB lazeri ile, 500 THz değerindeki lazer frekansı 1 Hz belirsizlikle ölçülebilir hale gelmiştir. Bu ölçümler atomik geçiş enerjilerinin yüksek hassasiyetle belirlenmesinde, lazer ile uzunluk ölçümlerinde, lazer dalgaboyunun belirlenmesi gibi uygulamalarda son derece önemlidir. TÜBİTAK UME'de kurulan fs COMB temelli lazer frekans ölçüm sistemiyle He-Ne/I_2 lazerinin frekansı (473 612 353 601,6 ± 1,1) kHz olarak ölçülmüş ve diğer kurumlardaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca TÜBİTAK UME ve Bilkent Üniversitesi'nin işbirliği kapsamında ülkemizde ilk fs fiber lazer COMB üretimi projesi TÜBİTAK'ın desteği ile başlatılmıştır.



Lazer frekansının, atomların enerji geçişlerine kilitlenmesi deneyinin blok şeması



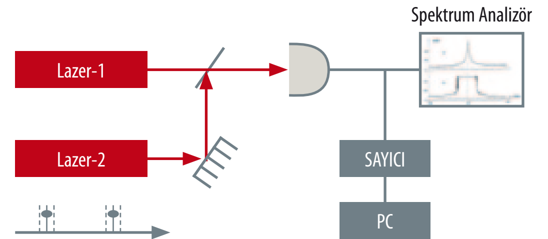
Ramiz Hamid fizikte lisans ve yüksek lisans derecesiyle 1985 yılında Moskova Devlet Üniversitesi'nden, lazer fiziği alanında ise doktora derecesiyle 1991 yılında Moskova Lebedev Fizik Enstitüsü'nden mezun olmuştur. Ramiz Hamid 1993 yılından itibaren TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü'ne katılarak zaman ve frekans, lazer dalgaboyu standartları ve elektromanyetik uyumluluk laboratuvarlarını içeren Elektromanyetik Grubu'nun kurulmasını koordine etmiştir ve halen bu grubun sorumluluğunu yürütmektedir. Doç. Dr. Ramiz Hamid'in bilimsel çalışmaları lazer spektroskopisi, lazer frekans kilitlenmesi ve ölçümleri, lazerlerin uzunluk ve elektromanyetik metroloji uygulamaları kapsamındadır.



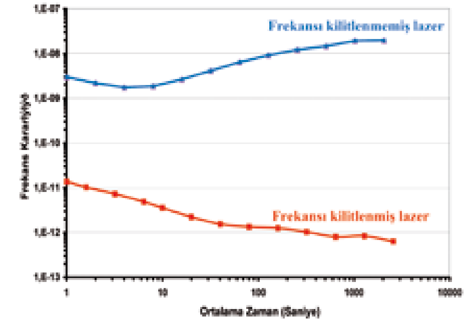
Ti:Sa femtosaniye COMB lazerinin görüntüsü

Sonuç

Lazer ve ölçüm alanında uluslararası gelişmelere paralel olarak son 15 yılda Türkiye'de birçok üniversitede uluslararası seviyede başarılı çalışmalar yapılmıştır. Lazerler ve ölçümler konusunda TÜBİTAK'ta ilk çalışmalar lazer interferometresiyle yer değişim ölçümleri ve He-Ne lazer tasarımı ile Milli Fizik ve Teknik Ölçme Standartları Merkezi'nde 1986 yılında başlamıştır. Şimdiki adıyla TÜBİTAK UME olarak bilinen bu enstitüde frekansı kararlı lazerlerin kullanımı ile yapılan lazer spektroskopi deneylerinde atomlar arası çarpışmalar analiz edilmiştir. Lazerler ve interferometrelerin kullanımı ile 1mm-1 m boyutundaki mastar blokların uzunluğu 50-250 nm belirsizlikle ölçülmüştür. Ayrıca lazerler ile hassas yer değişim ve açı ölçümleri, mikrodalga alan şiddetinin analizi ve ölçümleri, fs fiber COMB lazerinin geliştirilmesi sürdürmekte olduğumuz yeni araştırmalar arasında yer almaktadır.

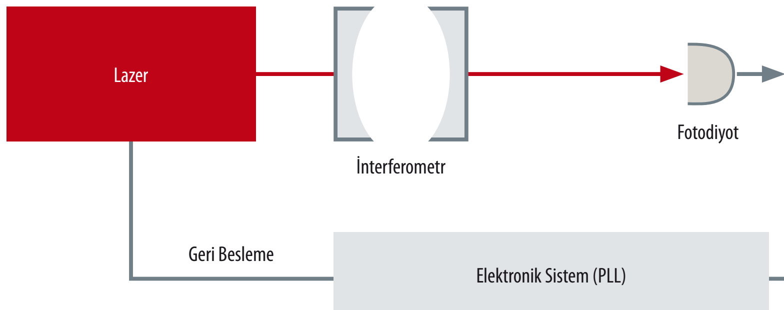


İki lazer frekans farkının "*beat*" deneyi tekniği ile ölçülmesi:
Her iki frekansı kilitli lazerin ışıması, hızlı fotodiyot üzerine düşürülerek elde edilen "*beat*" sinyali spektrum analizör ile gözlenir ve iki lazer arasındaki frekans farkı bilgisayar kontrollü sayıcı ile ölçülerek istatistiksel yöntemler ile incelenir.



TÜBİTAK UME'de kurulan iki Nd:YAG/I_2 lazerinin frekans kararlılığının ortalama zamana göre değişimi: Mavi renkli eğri her iki lazer frekansı $^{127}I_2$ moleküllerin enerji geçişlerine kilitlenmediği durumda, kırmızı eğri ise frekans kilitlenmesi sağlandığı durumda elde edilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi frekansı kilitlenmemiş lazerin kararlılığı 10^{-9}-10^{-7} arasında değişirken, frekans kilitlenmesi sağlandığında rezonatör boyundaki ve dolayısıyla lazer frekansındaki değişimler elektronik sistem ile telafi edilmiş ve frekans kararlılığı 10^{-11}-10^{-13} değerlerine kadar artırılabilmiştir.

Lazer frekansının, interferometre boyutuna kilitlenmesi deneyinin blok şeması



Kaynaklar
T. H. Maiman, *Brit. Commun.Electron.*, 1, 674, 1960.
Nobel Fizik Ödülleri ve Sunumları, www.nobelprize.org
Gill, P., ve Riehle, F., Report to the 17th Session of the CCTF Joint CCL-CCTF Working Group on Secondary Representations of the Second, 2006.
Demtröder, W., *Laser Spectroscopy*, 2. Basım Springer, 1996.
Hamid, R. ve diğ., "10-12 level reproducibility of an iodine stabilized He-Ne laser endorsed by absolute frequency measurements in the BIPM and UME", *Metrologia*, Cilt 43, Sayı 106, 2006.
Holzwart,h R. ve diğ., "Optical clockworks and the measurement of laser frequencies with a mode-locked frequency comb", *IEEE J. Quantum Electron.*, Cilt 37, Sayı 1493, 2001.

Parçacıkların Dünyası

Brian Southworth - Georges Boixader



Evrenimiz nelerden oluşmuştur?
Nereden gelmiştir?
Neden böyle davranır?

Bu soruların yanıtlarını tam olarak bilemiyoruz, fakat son yıllarda çevremizdeki evren hakkında pek çok bilgi edindik. Bu araştırmalar gözlerimizle görebildiğimizin ötesinde, minik parçacıklardan ve bunların arasında gidip gelen habercilerden oluşan bir dünya olduğunu gösterdi bize. Bu resimli kitap, sizi parçacıkların büyüleyici dünyasıyla ve onların şaşırtıcı davranışlarıyla tanıştıracak.

Parçacıklarla ilgili araştırmaların yapıldığı laboratuvarlardan biri, Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi CERN'in laboratuvarıdır. Burada CERN'in parçacıkların yaratıldığı ve incelendiği güçlü makinelerini, yani hızlandırıcıları ve dedektörleri tanıtacağız.

Öyleyse sözü daha fazla uzatmadan parçacıklara geçelim...



POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Bütün Zamanların En Büyük Optikçisi: İbn el-Heysem

Bilim tarihini akademik bir disiplin haline getiren ünlü bilim tarihçisi George Sarton (1884-1956), İbn el-Heysem'i, "Bütün zamanların en büyük optikçisi" olarak niteler. Fizik tarihindeki önemli isimlerden biri olan ve Batı'da Alhazen olarak tanınan İbn el-Heysem, 965 yılında Basra'da doğdu. Basra ve Bağdat'ta mühendislik eğitimini tamamladıktan sonra tanınmış bir mühendis olarak Mısır'a gitti. Her yıl düzenli taşmalarla çevresindeki verimli arazileri tahrip eden Nil Nehri'nin taşkınlarını kontrol altına alacak projeler ürettiyse de başarılı olamadı. Ancak ömrünün geri kalanını bütünüyle ışık incelemesine adayarak bilim tarihinde eşine az rastlanır bir külliyat bıraktı. 1039 yılında Kahire'de öldü.

Antikçağ ile Modern Çağ Arasında Optik Tarihinin En Önemli İsmi

İbn el-Heysem, matematik, astronomi ve optik konularında eserler yazmıştır. Ancak verimli ve başarılı olduğu alan optiktir. Bu alandaki çalışmalarıyla optik bilimini kökten değiştirmiştir. Matematiksel incelemeye dayanan yaklaşımı ve yaptığı son derece özenli ve ayrıntılı deneylerle modern anlamda bir matematiksel fizik çalışmasını gerçekleştirmiştir. Geleneksel bilimsel çalışma modeli için çok yeni olan bu yaklaşımının sonucunda, optik konusu, kapsamı, ilkeleri ve kuralları belirlenmiş bir bilim haline gelmiştir.

İbn el-Heysem, ışığın doğrusal yayılımı, gölgelerin özellikleri, karanlık oda, yansıma, kırılma, gökkuşağı ve halenin oluşumu gibi pek çok temel optik olguyu, hem kendisinden önce ortaya konulmuş bilgilere dayanarak hem de yaptığı deneysel çalışmalardan edindiği yeni bilgiler ışığında, niceliksel fiziğin bugün yaptığı anlamda matematiğe dayandırarak incelemiş ve yorumlamıştır. Bu çabası sonucunda ortaya koyduğu bütün kuram ve kanıtlamalarını optik tarihinin tereddütsüz başyapıtlarından biri olan *Kitâb el-Menâzır* adlı eserinde sergilemiştir. Eserin Batı'ya ne zaman geçtiği ve ilk kez kim tarafından çevrildiği bilinmemekle birlikte, 13. yüzyılda konuyla ilgi çalışmalar yapan Roger Bacon, John Pecham ve Witelo gibi bilim insanlarının eserlerinde *Kitâb el-Menâzır*'a atıfların bulunmasına dayanarak 12. yüzyılın sonlarında çevrildiği tahmin edilmektedir. Buna karşılık bilinen ve yaygın olarak kullanılan Latince çevirisi ise Friedrich Risner tarafından 1572'de Basel'de, Witelo'nun kitabını da içerecek şekilde *Opticae Thesaurus* (Optik Hazinesi) adıyla yayınlanmıştır. Bundan sonra da yoğun bir şekilde okunmaya başlanan *Opticae Thesaurus* Batı'da optik biliminin kurulup gelişmesinde neredeyse tek kaynak eser olarak etkili olmuştur. Benzer etkiyi Doğu'da da gösteren eser üzerine 14. yüzyılda Kemâlüddîn el-Fârisî *Tenkih el-Menâzır* (Optiğin Düzeltilmesi), 16. yüzyılda ise ünlü Türk astronomu Takîyüddîn İbn Marûf *Kitâb-ı Nûr* adlı çalışmasını yazmıştır. Her iki eser de *Kitâb el-Menâzır*'dan derin izler taşımaktadır. Eserin doğrudan görmeye ilişkin ilk üç bölümü 1989'da İngilizceye çevrilmiştir.



Kitabın Temel Tezleri

a. Işığın Kaynağı, Yayılımı ve Görmenin Oluşumu

1. Işık kendisi ışık kaynağı olan nesnelerde (Güneş gibi), nesnenin üzerindeki her noktadan karşısındaki bütün yönlere doğru, doğrusal olarak yayılır. İbn el-Heysem, bu düşüncesini kanıtlamak için, Güneş, Ay ya da ateş ışığını karanlık bir odaya bir delikten göndererek, odada yayılan ışığın yönü boyunca ip germiş ve ışığın ip boyunca yayıldığını göstermiştir. Bu kanıtlamanın ilginç yanı 17. yüzyılda Kepler tarafından yinelenmiş olmasıdır.

Gözışın Kuramı

Görmeye neden olan ışığın gözden çıktığını varsayan kuram. Gözışın Kuramı'nın ilk derli toplu anlatımını yapan Alkmeon (M.Ö. 5. yüzyıl) olmuştur. Alkmeon'a göre göz ateşten yapılmıştır. Çünkü birisi ona çarptığında, ateş çıkmaktadır. Görme de gözden yayılan ışığın bir nesne tarafından yansıtılmasıyla oluşur. Alkmeon'un savunuculuğunu yaptığı ve daha sonra "intraocular" adı verilen bu kuramı asıl yetkinliğe ulaştıran ise Platon (M.Ö. 427–347) olmuştur. Gözışın Kuramı'nı perspektif kuralları çerçevesinde geliştiren ise ünlü matematikçi Eukleides'dir (M.Ö. 330-275). Eukleides, tıpkı geometride olduğu gibi, optikte de birkaç temel ilkeye dayanan bir tasarım gerçekleştirmiştir. Bu tasarımın dayandırıldığı ilkeler şunlardır:

1) Işık ışınları gözden çıkar.
2) Işık ışınları doğrusal olarak yayılırlar.
3) Yayılan ışınlar koni oluştururlar.

2. Işık, kendisi ışık kaynağı olan nesnelerin özniteliğidir. Bu nesnelere birincil ışık kaynakları ve bunlardan yayılan ışığa da birincil ışık adı verilir.

3. Kendisi ışık kaynağı olmayan nesnelerin (Ay gibi) ışığına ise ikincil ışık denir.

4. Görme nesnelerden gelen ışık ve renk etkisiyle oluşur. İbn el-Heysem, bu konuda öncelikle ışığın gözden çıktığını savunan Gözışın Kuramı'na karşı çıkarak, ışığın nesneden geldiğini savunur. Bunu kanıtlamak için, görmeyi hem fiziksel olarak hem de nesneden göze gelen ışınlar aracılığıyla, matematiksel olarak yorumlamıştır. Şöyle bir akıl yürütmede bulunur: "Gözışın Kuramı'na göre ışık gözden çıkmakta, saydam ortamdan geçerek nesneye ulaşmakta ve görme gerçekleşmektedir. Oysa bütün olasılıklar dikkate alındığında, gözden ışık çıksa da çıkmasa da, göze bakılan nesneden bir şeyler geri gelmezse, görme gerçekleşemez."

Bu olağanüstü bir belirlemedir. Çünkü burada ışık kaynağı ne olursa olsun, dışarıdan ışık ve renk göze gelmediği sürece görmenin olamayacağı çok özlü bir biçimde belirtilmektedir. Buna göre, eğer görme göz ışınları aracılığıyla oluyorsa, bu ışınların tekrar nesneden göze bir şeyler getirmesi gerekir. Çünkü nesneden göze bir şeyler gelmiyorsa, görme olmaz. Eğer göz ışınları nesneye gidip ondan bir şeyler alıp göze geri geliyorsa, o zaman da ışının nesneden çıktığını kabul etmek daha akıllıca olacaktır. Buradaki temel dayanak gözün kamaşması ve acı duymasıdır. Bilindiği gibi göz parlak bir nesneye, bir renge ya da ışığa uzun süre bakarsa acı duymaktadır; madem ki dışarıdan etki almak acının doğasıdır, öyleyse görsel süreçte gözün dış bir etkinin alıcısı olduğu açıktır. Öyleyse ışığın kaynağı göz olamaz, yani göze acı veren ışık gözden çıkamaz.

5. Görme, göz ve nesne arasını bağlayan bir ışık konisi aracılığıyla oluşur. Bu ışık nesneden göze geldiği için, koninin kaynağı nesne, hedefi ise gözdür.

İbn el-Heysem'in bu görme kuramı olağanüstü etkili olmuş, Doğu'da ve Batı'da 17. yüzyıla kadar tam anlamıyla otorite haline gelmiş, Kemâlüddîn el-Fârîsî, Takîyüddîn İbn Marûf, Roger Bacon, John Pecham, Witelo, Mourolico, Kepler ve Descartes'ı etkilemiştir.

b. Yansıma

Yansıma konusunda İbn el-Heysem, kendinden ışıklı ve ışıklandırılmış nesnelerin ışıklarının, yani birincil ve ikincil ışık kaynaklarının yaydığı ışıkların, düz, küresel, silindirik ve konik aynalarda nasıl yansıdıklarını deneysel olarak incelemiş ve her bir aynada gerçekleşen yansıma durumunda yansıma kanununun geometrik kanıtlamasını yapmıştır.



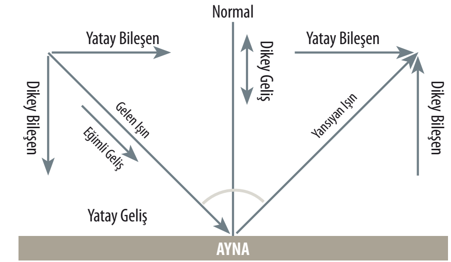
Resimde Johannes Hevelius'un 1647'de Ay üzerine yazdığı *Selenographia*'nın kapak sayfası yer almaktadır.
Burada ussal ve deneysel olarak doğayı araştıran iki bilgin, İbn el-Heysem ve Galileo Galilei, resmedilmiştir.
Soldaki İbn el-Heysem'dir ve "us"u temsil etmektedir. Bu nedenle geometrik çizim onun elindedir;
sağda yer alan ise Galileo'dur ve "duyu"yu temsil etmektedir, bu nedenle teleskobu tutmaktadır.
Böylece duyu ve us birbirini tamamlamaktadır.

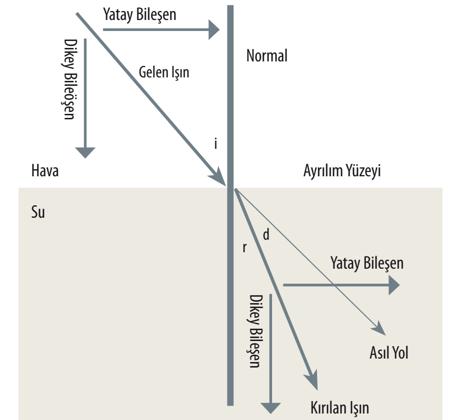
Bilindiği gibi, yansıma kanunu, yansıma durumunda geliş ve yansıma açılarının (şekildeki α açıları) eşit olduğunu belirtir. İbn el-Heysem bu kanunun kanıtlamasını tamamen yeni bir yöntemle yapmıştır. Geliştirdiği yöntem bugün için Hızlar Dörtgeni adı verilen, gelen ve yansıyan ışına etki ettiği düşünülen kuvvetleri ya da bileşenleri göz önünde bulunduran bir yöntemdir.

İbn el-Heysem'e göre, yansıma durumunda üç temel hareket söz konusudur. Bunlardan birincisi, ışığın ayna yüzeyine dik; ikincisi teğet ve üçüncüsü de herhangi bir açıyla gelmesi durumudur. Birinci durumda ışık geldiği doğrultuda geri yansır; ikinci durumda hiçbir değişime uğramadan yoluna devam eder ve üçüncü durumda da geliş açısına eşit bir açıyla yansır. Çünkü eğik geliş hareketi ve aynanın direnci doğrudan doğruya zıt değillerdir ve böyle bir durumda geliş hareketi biri dik, diğeri de yüzeye paralel olan iki kı-

Birinci Cilt: Doğrudan Görme	
Sekiz bölümdür.	Birinci Bölüm: Genel olarak görmenin oluşumu
	İkinci Bölüm: Görmenin oluşabilmesinin koşulları ve nitelikleri
	Üçüncü Bölüm: Işık kaynakları, bu kaynaklardan yayılan ışıkların ve yayılımlarının nitelikleri
	Dördüncü Bölüm: Işığın ve rengin göze ve görmeye etkisi
	Beşinci Bölüm: Gözün yapısı
	Altıncı Bölüm: Görmenin oluşumu
	Yedinci Bölüm: Her bir gözün görmedeki işlevi
	Sekizinci Bölüm: Görmenin tam olarak oluşabilmesi için gerekli temel koşullar
İkinci Cilt: Algı Farklılıkları	
Dört bölümdür.	Birinci Bölüm: Işın çizgilerinin farklılaşmalarına bağlı olarak nesnelerin görünebilirlik niteliklerindeki değişimler
	İkinci Bölüm: Göz tabakalarının algılamadaki işlevleri
	Üçüncü Bölüm: ışık, renk, konum, büyüklük gibi belirli görsel özelliklerin her birinin algılanış biçimleri
	Dördüncü Bölüm: Gözün görsel nesneleri algılayış biçimleri
Üçüncü Cilt: Görme Kusurları ve Nedenleri	
Yedi bölümdür.	Birinci Bölüm: Göz nesneleri neden her zaman doğru bir biçimde algılayamaz
	İkinci Bölüm: Görme kusurları neden ve nasıl oluşur
	Üçüncü Bölüm: Görme kusurlarının nedenleri
	Dördüncü Bölüm: Görme kusurları üç görsel algı kipinden, duyumdan, tanılamadan ve çıkarımdan kaynaklanır
	Beşinci Bölüm: Duyumdan kaynaklanan algı kusurları
	Altıncı Bölüm: Tanılamadan kaynaklanan algı kusurları
	Yedinci Bölüm: Çıkarımdan kaynaklanan algı kusurları
Dördüncü Cilt: Yansımayla Oluşan Görme	
Beş bölümdür.	Birinci Bölüm: Göz ve nesnenin konumlarını değiştiğinde, algı da değişir
	İkinci Bölüm: Parlak nesnelerden ışıkların yansımasının nitelikleri
	Üçüncü Bölüm: Nesnenin parlaklık niteliğinin koşulları
	Dördüncü Bölüm: Işıkların parlak nesnelerde yansıması ve gözün bu ışıkları algılaması
	Beşinci Bölüm: Yansıma aracılığıyla görüntü oluşumu ve nitelikleri
Beşinci Cilt: Yansımayla Oluşan Görüntülerin Algılanması	
İki bölümdür.	Birinci Bölüm: Parlak nesnelerde yansıyan görüntüleri göz, ancak bu nesnelerden gelen ışık aracılığıyla algılayabilir
	İkinci Bölüm: Yansımayla oluşan görüntülerin nitelikleri
Altıncı Cilt: Yansımayla Oluşan Görme Kusurları	
Dokuz bölümdür.	Birinci Bölüm: Konuya giriş
	İkinci Bölüm: Genel olarak yansıma aracılığıyla oluşan görme kusurları
	Üçüncü Bölüm: Düzlem aynada oluşan görme kusurları
	Dördüncü Bölüm: Küresel tümsek aynada oluşan görme kusurları
	Beşinci Bölüm: Silindirik tümsek aynada oluşan görme kusurları
	Altıncı Bölüm: Tümsek konik aynada oluşan görme kusurları
	Yedinci Bölüm: Küresel çukur aynada oluşan görme kusurları
	Sekizinci Bölüm: Silindirik çukur aynada oluşan görme kusurları
	Dokuzuncu Bölüm: Konik çukur aynada oluşan görme kusurları
Yedinci Cilt: Kırılmayla Oluşan Görme	
Altı bölümdür.	Birinci Bölüm: Konuya Giriş
	İkinci Bölüm: Işığın saydam nesnelere nüfuz etmesi ve kırılması
	Üçüncü Bölüm: Işıkların saydam ortamlarda uğradığı değişimlerin nitelikleri
	Dördüncü Bölüm: Saydam nesnelerin veya ortamların gerisinde bulunan nesneleri gözün algılaması
	Beşinci Bölüm: Kırılmayla nasıl görüntü oluştuğu
	Altıncı Bölüm: Gözün nesneleri kırılma aracılığıyla algılaması
	Yedinci Bölüm: Kırılmayla oluşan görme kusurları

Kitâb el-Menâzır'ın İçeriği





Işığın Kırılmasının Hızlar Dörtgeni'yle Açıklanması

sımdan oluşur. Ayna yüzeyi birincisini engellediği, diğerini engellemediği için açılar eşit kalır. Çünkü yansıyan hareket, yani tersine çevrilmiş dik kısım ve değişmeden kalan paralel kısmın bileşimi, bu iki hattın düzleminde olacaktır. Yani, Normal ile geliş açısına eşit bir açı yapacaktır. İbn el-Heysem'in getirdiği bu kanıtlama biçimi tamamen özgündür.

c. Kırılma

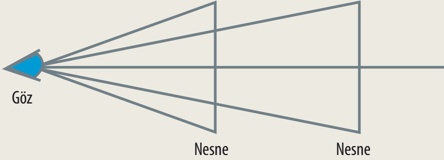
İbn el-Heysem, optik kırılmayı açıklarken de özgün bir yaklaşım ortaya koymuştur. Işığın kırılmasını, fırlatılan bir taşın, daha çok ya da daha az dirençli başka bir ortama geçtiğinde hareketinde oluşan değişim ile karşılaştırarak açıklamıştır.

Yansıma açıklamasındaki gibi kırılmayı da neden sonuç ilişkileriyle açıklamaya çalışmıştır. Ona göre ışık saydam nesnelerde çok büyük bir hızla hareket eder ve ışığın hızı az yoğun olan ortamlarda çok yoğun ortamlara göre daha yüksektir. Bütün saydam nesneler yoğunlukları oranında ışığın hareketine karşı koyarlar. Daha fazla yoğunluk daha fazla direnç demektir. Ancak bu direnç, hareketi bütünüyle etkisiz hale getirecek kadar büyük değilse, o zaman harekette yalnızca zayıflama söz konusu olur. Bu gözlemleri sonucunda İbn el-Heysem, ışığın geçmesine izin veren saydam ve engelleyen opak ortamlarda hızın azaldığını, opaklığın arttığı oranda da Normale doğru büküldüğünü belirleyebilmiştir.

İbn el-Heysem, katı bir nesnenin diklemesine fırlatıldığında, karşısındaki sabit bir nesneyi, herhangi diğer bir yönden fırlatılmasına göre daha kolay kırdığı yaygın gözlemine dayanarak, yansımada olduğu gibi, kırılmada da genel bir ilke elde etmiştir: Dik hareket daha güçlü ve kolaydır; dike yakın eğimli hareket, uzak olan hareketten daha kolaydır.

Işın veya Görme Konisi

Işın veya görme konisi görmenin geometrik olarak açıklanmasında başvurulan bir anlatımdır. Biz yakındaki nesneleri daha büyük, uzaktaki nesneleri ise daha küçük görürüz. Uzaktaki nesnenin daha küçük görünmesinin nedeni, daha küçük bir açıyla göze gelmesindendir.



Bu ilke ve mekanik analojilerden yararlanarak kırılmanın açıklaması neden sonuç ilişkileri ortaya konularak yapılabilir: Dik ışın o doğrultu boyunca ortaya çıkan hareketin gücünden dolayı, tıpkı demirden bir topun dik olarak ve hızla atıldığında madeni bir levhayı kolaylıkla kırması gibi, aynı doğrultuda -kırılmaksızın- yoğun ortama girebilir. Eğimli ışın ise aynı doğrultuda devam etmek için yeterince güçlü olmadığından, ortama daha rahat girebileceği diğer bir yöne, yani Normale doğru döner, tıpkı keskin bir kılıcın tahta parçasını yatay olarak kesmekte zorlanması, buna karşılık dikey olarak daha rahat kesmesi gibi.

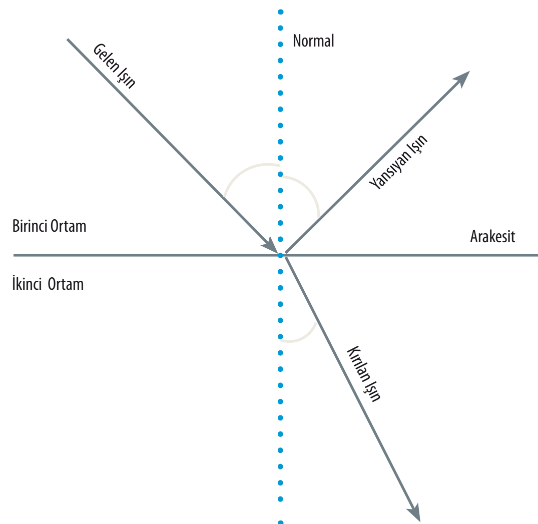
İbn el-Heysem, yansımada olduğu gibi, kırılma konusunda da ortaya çıkan hareketi biri dik, diğeri ise kırılma yüzeyine paralel olmak üzere ikiye ayırmış, ikinciyi değişmeden bırakırken, birincisinin hızlanacağını ya da yavaşlayacağını tasarlamıştır. Böylece kırılmada da Hızlar Dörtgeni'ni kullanmış olan İbn el-Heysem'e göre, ışın iki farklı ortamın ayrılım yüzeyine ulaştığında, hız Normal boyunca sabit kalacak, ikinci ortam daha yoğun ise hız azalacak, değilse artacaktır. Yani Normal boyunca kırılmaya uğramaksızın geçecek, çok yoğuna girdiğinde Normale doğru, az yoğuna girdiğinde ise Normalden öteye yönelecektir. Kırılan ışığın izlediği yolu belirleyen bu açıklamalara göre, ışık daima en kolay ve en hızlı yolu izlemektedir. El-Heysem'in bu belirlemesi de Fermat'nın en az zaman ilkesini anımsatması bakımından ilginçtir.

Kırılma konusuna da her yönüyle büyük bir derinlik kazandıran İbn el-Heysem, ışığın geliş ve kırılma açıları arasındaki ilişkiyi, ışığın saydam ortamlarda izleyeceği yolları belirleyerek vermiştir. Ancak sinüs kanununu elde edememiştir. Aslında İbn el-Heysem'in Hızlar Dörtgeni yöntemiyle sinüs kanununa ulaşmak olanaksız değildir. Özellikle çok yoğundan az yoğuna geçerken oluşan kırılma durumunda bunu açıkça görmek olanaklıdır. Bundan dolayı İbn el-Heysem'in kırılma açıklaması, Kırılma Kanunu'nun elde ediliş sürecinde çok önemli bir adımı oluşturmaktadır. Çünkü İbn el-Heysem'in Hızlar Dörtgeni yöntemi, gelen ve kırılan ışınları, birbirinden ayrı düşünülen iki dikey parça olarak gören yeni bir düşünce şekli geliştirilmesine yol açmış ve bu yaklaşım biçimi daha sonra Witelo, Kepler ve Descartes'ın dikkatini çekmiştir. Pratik olarak kırılma açılarına ilişkin sonuçlar Descartes'ın *Dioptrics*'i (1659) yayınlanıncaya kadar, neredeyse bütünüyle İbn el-Heysem'e aittir.

Sinüs Kanunu veya Snell Kanunu

Snell Kanunu olarak da bilinen Sinüs Kanunu, ışığın iki saydam ortamın arakesitinde uğradığı değişimleri belirler. Şekildeki gibi bir ışık ışınının iki saydam ortam arasındaki yüzeye düştüğü göz önüne alındığında ve birinci ortamın 1, ikinci ortamın da 2 ile temsil edildiği düşünüldüğünde, Sinüs Kanunu şöyle ifade edilebilir: $\eta_1 \sin\theta_1 = \eta_2 \sin\theta_2$

Buradaki θ_1 açısı gelen ışın ve yüzey arakesitine olan Normal arasında kalan açıdır. θ_2 açısı ise kırılan ışın ve yüzey arakesitine olan Normal arasındaki açıdır. η_1 ve η_2 nicelikleri ise, birinci ve ikinci ortamların kırılma indisleridir. Bu kavramsal yapı, ışık ışınlarının daima, optik olarak daha yoğun olan ortamda Normale doğru, tersi durumda ise Normalden öteye doğru sapacağını öngörmektedir.





Hüseyin Gazi Topdemir, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi (DTCF), Felsefe Bölümü, Sistematik Felsefe ve Mantık Anabilim Dalı'nı bitirdikten (1985) sonra, 1988 'de Kemâlüddîn el-Fârâsî'nin İbn el-Heysem'in *Kitâb el-Menâzır* Adlı Optik Kitabına Yazdığı Açıklamanın Yakan Kürelerdeki Kırılmaya Ait Bölümü'nün Çevirisi ve Kritiği başlıklı tezle yüksek lisans ve 1994'te da Işığın Niteliği ve Görme Kuramı Adlı Bir Optik Eseri Üzerine Araştırma başlıklı teziyle de doktora programını tamamladı. Bilimsel çalışma alanları, Bilim Tarihi ve Bilim Felsefesi olan yazarın bu konularda birçok çalışması bulunmaktadır. Halen DTCF, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı'nda profesör olarak çalışmalarını sürdürmektedir.


OPTICAE
ALHAZENI
VITELLONIS

Kaynaklar

İbn el-Heysem, *Işık Üzerine*, İngilizceye çev. M. F. Quraishi, *Ibn al-Haitham*: Proceedings of the Celebrations of 1000th Anniversary, Ed. Hâkim Mohammed Said, Karachi, Pakistan 1970.

Lindberg, D. C., "Alhazen's Theory of Vision and Its Reception in the West," *Isis*, 58, 1967.

Lindberg, David C., *Theories of Vision from Al Kindi to Kepler*, Chicago, 1976.

Sabra, A. I., "Ibn al-Haytham," *Dictionary of Scientific Biography*, Cilt 6, New York 1972.

Topdemir, Hüseyin Gazi, "İbn el-Heysem'in Optik Araştırmaları," *Bilim ve Felsefe Metinleri*, Cilt 1, Sayı 1, 1992.

Topdemir, Hüseyin Gazi, *Modern Optiğin Kurucusu İbn el-Heysem*, Atatürk Kültür Merkezi, Ankara 2002.

Topdemir, Hüseyin Gazi, *İbn el-Heysem ve Yeni Optik*, Lotus, Ankara 2008.

Zeynep Ünalan

Dr, Bilimsel Programlar Uzmanı, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Belirsiz Bilim?

Aralarında Türkiye'nin de olduğu 22 ülkeyle ilgili Tüketici Araştırmaları Derneği (GfK-Gesellschaft für Konsumforschung-) güven endeksine göre öğretmenler ve doktorlar toplumların en çok güvendiği insanları, politikacı ve gazetecilerse en az güvenilen grupları teşkil ediyor. Şirket yöneticileri, asker, avukat ve din adamlarının da dahil edildiği ankette niye "bilim insanları" adı altında bir kategori olmadığını doğal olarak hayra yoruyor insan. Bilim insanlarına güveniliyor ki ankete konulmaya bile gerek duyulmamış. Ne var ki insan faktörünün içinde olduğu her girişimde olduğu gibi bilimde de tutarsızlıklar, bilinçli ve bilinçsiz yanlılıklar söz konusu.

Kral Çıplak!

Alan Sokal New York Üniversitesi'nde bir fizik profesörü. Sokal, sosyal ve kültürel çalışmaların yayımlandığı *Social Text* adlı akademik dergiye 1996'da bir makalesini gönderir. Makalenin adı, "Sınırların İhlali: Kuantum Çekiminin Transformatik Yorumuna Doğru". Makalenin sadece adı değil içeriği de anlamsızdır. Bilimsel bir çalışma olmaktan çok uzak, kuantum çekiminin politik uygulamalarının olduğunun öne sürüldüğü bir yazıdır bu. Sokal bir sürü postmodern terimi kuantum kavramlarının arasına serpiştirerek hazırladığı makaleyle akademik bir dergiyi entelektüel bir deneye tâbi tutmak istemektedir. Teknik terim ve postmodern düşüncelerle göz boyayan saçmasapan bir makalenin yayımlanıp yayımlanmayacağını merakla beklemektedir. Beklediği gerçekleşir ve makale yayımlanır. Sonrasında Sokal'ın *Lingua Franca* dergisinde makalesinin bir hile olduğunu açıklaması yankı uyandırır. Entelektüel hile deneyini geçemeyen dergi editörleriyse aldatıldıklarını söyleyip, Sokal'ı ahlâki olmayan davranışından dolayı suçlarlar. Yazarın yetkinliğine güvendikleri için diğer akademisyenlerin hakemliğine başvurma ihtiyacı bile duymadıklarını, ama aslında makalenin kendilerine de çok mantıklı gelmediğini eklerler. Sokal ise editörlerin bu cevabının amacını teyit eder nitelikte olduğunu söyler. Makalenin, yazarı sırf alanında iyi diye dikkatsizce incelenmesi bir yana, doğruluğunun araştırılmadan yayımlanması sahte bilimin akademiye ne kadar kolay sızabileceğini göstermiştir. Bilim insanlarının zaman zaman şahit olduğu ama dillendirmeye gerek duymadığı ya da cesaret edemediği bu tür çarpıklıkları nihayet birisi tüm çıplaklığıyla ortaya çıkarmış olur.

Egemen Kuramlar

Peki, Sokal'ın değerli sanılarak yayımlanan saçma makalesinin tersine, bilimsel geçerliliği olmasına rağmen değersiz görülen çalışmalar yok mu? Elbette var.

Thomas Kuhn, bilim ilerlerken bilim insanlarının "paradigma" denen bir araştırma kültürü oluşturduklarını ve aynı disiplin içinde çalışanların bu kültür doğrultusunda düşündüklerini savunur. Haliyle düşünce kalıpları içine hapsolan bilim insanlarından mutlak bir nesnellik beklemek mümkün değildir. Paradigmalar, üzerinde odaklanılması gereken araştırma konularının sayısını indirgeme ve bilim insanlarını yönlendirme açısından iyi olsa da kısıtlama ve entelektüel baskıya da yol açabilir. Yeni fikirler paradigmalardan dolayı reddedilebilir. Kuhn'a göre bilimsel devrimler geleneksel kalıpları yıkan kuvvetli yeni paradigmalar sayesinde meydana gelir. Tarih, geleneğe ters düştüğü için kabullenilmesi yıllar süren hipotezler, meslektaşları tarafından aforoz edilen bilim insanları ve onların iddiaları ile doludur: Güneş merkezli gezegen sistemi, mikrop kuramı, kıtaların kayması vs.

>>>

1910'larda Alfred Wegener tarafından öne sürülen, kıtaların yavaşça hareket ettiklerini öngören Kıtasal Sürüklenme kuramı şüphe ile karşılanmış, fikrin aleyhinde özel konferanslar düzenlenmiş ve iddianın kabulü 40 yıl sonra gerçekleşmiş. Yine kabul edilmesi 40 yıl kadar süren fikirlerden biri, Karanlık Madde kuramı. Fritz Zwicky 1933'te Coma gökada kümesindeki gökadaların hareketlerinden kütle hesaplarını yapınca beklenenin çok üstünde bir değer bulur. Bu farkı açıklamak için "karanlık madde" ismini verdiği, görünmeyen bir maddenin varlığını ileri sürer. Ancak bilim insanlarını ikna edemez. Bir başka örnek de 200 yıl öncesine ait. Ernst Chladni, 19. yüzyılın başlarında, meteorların Dünya'daki kayalara benzemedikleri için uzaydan geldiğini öne sürünce şimdilerde UFO hikâyelerine gösterilene benzer bir tepkiyle karşılaşır. Hatta iş, müzelerdeki meteor koleksiyonlarının kıymetsiz sayılıp çöpe atılmasına kadar gider. Ana akımın dışında kalan bu bilimsel iddialara karşı direnişi çok da yadırgamamak gerekir. Çünkü paradigma kaymaları, Kuhn'un da belirttiği gibi, din değiştirmek kadar zor. Bu kaymalar yavaş yavaş ve yeni delillerle desteklene desteklene gerçekleşiyor.

Yerleşik hale gelmiş fikirler eleştiri süzgecinden geçirilmeden kabullenilirken egemen kuramlara aykırı kanıtların göz ardı edilmesinden, yayımlanmamasından, konferanslarda ihmal edilmesinden en çok bilimsel nesnelliğin zarar gördüğü söylenebilir.

Eğilimler Önyargılar

Şu da bir gerçek ki bilimin tarafsızlığı bilim insanlarının tarafsızlığına bağlı. Ne var ki hepimiz deneyimlerimiz, ailemiz, büyüdüğümüz çevre, okulumuz, kısacası kültürel, sosyal ve psikolojik çevremizin etkisiyle yıllar içinde birçok önyargı geliştiriyor, belli fikir ve görüşlere daha çok öncelik tanıyoruz. Aslında bilim insanları da istisna oluşturmuyor. Onlar da evrenin işleyişine dair bir yığın önyargıya ve eğilime sahip olabiliyorlar. Hal böyle olunca, yansız bilimsel çalışma imkânsızdır diyor William F. McComas. Fen eğitimi üzerine yazdığı kitaplar ve araştırmalarıyla bilinen McComas'a göre bütün bunlar bilim insanının karar ve yorumlarını etkiliyor. Örneğin evrim tartışmalarının, bilim insanlarının yaptıkları da dahil, ne kadarının kişisel eğilimlerden ve duygusallıktan arınmış bir bilimsel nesnellik taşıdığı tartışılabilir.

Pensilvanya Eyalet Üniversitesi'nden sosyolog Michael J. Mahoney bilimsel yanlılıkları ortaya koyanlardan. Mahoney 75 akademisyene hakemli bir dergiye yayımlanmak üzere sunulmuş makaleler yollar. Onlardan bu makaleleri inceleyip değerlendirmelerini ister. Gözden geçiren akademisyenin kuramsal eğilimlerine aykırı tezler taşıması durumda makalenin reddedildiğini, taşımaması durumda ise kabul edildiğini görür. Mahoney'e, çalışması yayımlandıktan hemen sonra, benzer şekilde ayrımcılığa maruz kaldığını iddia eden 300 civarında kişiden telefon ve mektup gelir. Mahoney'in çalışmasını bilim insanlarının ahlâk dışı davranışlarını ortaya koyan bir gözlem olarak mı değerlendirmek gerekiyor? Hayır, belki de bilim insanlarının bilinçaltına yerleşmiş eğilimlerinin ve bilgi birikimlerinin kararlarında ne kadar etkili olduğunu gösteren bir deney olarak değerlendirmek daha doğru olur.



Çizim: Hilal Özçelik

Önyargılar ve eğilimler bilim insanlarının verdikleri kararları ve yaptıkları yorumları etkilediği gibi önceliklerini, çalışma konularını, varsayımlarını da etkiliyor. Einstein'ın, sırf evrenin durağan olması gerektiğine inandığı için Görelilik denklemlerine eklediği "kozmolojik sabit"i bunun en bilinen örneklerinden. Stephen Hawking, karadeliklerde bilginin kaybolduğunu ileri sürmesi üzerine gelen tepkilere şöyle cevap verir: "Einstein gibi birçok bilim insanının determinizmle duygusal bağı var. Ancak Einstein'dan farklı olarak onlar kuantum kuramının tahmin yürütme kabiliyetimizin azalmasına neden olduğunu kabul ettiler. Bununla birlikte karadeliklerin zorunlu gösterdiği bilgi kaybını kabullenerek tahmin kabiliyetimizin daha fazla sınırlanmasını istemiyorlar. ... Bu bilim insanlarının tarihten ders aldıklarına inanmıyorum. … Evren, bizim peşin hükümlü fikirlerimize göre hareket etmiyor ve bizleri şaşırtmaya da devam edecek."

Dikkati çeken bir başka nokta, aynı coğrafyadan ya da kültürden bilim insanlarının ortak eğilimlerinin olabilmesi. Örneğin, canlıların bir evrim geçirdiği fikri Avrupa'da daha ateşli savunulurken ABD'de dirençle daha çok karşılaşıyor. Bu, ilk bakışta ABD halkının daha dindar olmasına yorulabilir. Ama ilginçtir ki evrendeki temel parametrelerin (Plank sabiti, dört temel kuvvetin birbirine oranları vs.) bilinçli gözlemcilerin, yani bizlerin varlığına olanak verecek şekilde ayarlandığını öngören İnsancı İlke İngiliz gökbilimcilerin çoğu tarafından benimsenirken ABD'li gökbilimciler arasında pek rağbet görmüyor.

Bunun nedeni fikrin kökeninin İngiltere olması mıdır yoksa toplumun kültürü ile mi ilgilidir? İnsancı İlke hakkındaki tutum ABD'den İngiltere'ye farklılık gösterdiği gibi ABD'de değişik disiplinlerde çalışan bilim insanları arasında da farklılık gösteriyor. Bu durum fizikçi Leonard Suskind'in gözünden kaçmamış. Suskind İnsancı İlke'ye mesafeli duran gökbilimcilerin aksine parçacık fizikçilerin konuya daha sıcak baktıklarını söylüyor.

Bilimsel Yöntem ve Tarafsızlık

Birbiriyle ilgili birkaç olgunun tanımı ya da gözlemi, bu gözlemleri/tanımları açıklayıcı varsayımların öne sürülmesi, varsayımların öngördüğü yeni olgu ve gözlemlerin belirlenmesi bilimsel araştırmanın ilk üç basamağını oluşturuyor. Bu basamakları şimdiye kadar bahsettiğimiz yanlılıklardan tam olarak soyutlamak çok mümkün değil. Ancak bunlar bir sonraki aşama olan varsayımın deneyle sınanması sürecinde ortadan kalkabilir. Daha da önemlisi bilim dünyasında bir deneyin sonuçları son söz olarak kabul edilmiyor. Varsayım farklı ve bağımsız araştırmacılarca tekrar sınanıyor. Hatta bu sınamaların mümkün olduğunca çok olması gerekiyor. Tekrarlanan deneyler bireylerin tercih ve eğilimlerinin etkisini ortadan kaldıracağı için bilimsel araştırmaların altın standardı olarak kabul ediliyor.

Epidemiyoloji uzmanı John Ioannidis Amerikan Tabipler Birliği'nin dergisinde (*JAMA*) 2005'te yayımlanan makalesinde, 1990'dan beri moleküler biyoloji alanında çıkan ve en çok alıntı yapılan 45 akademik makalenin %99'unun sonraki deneylerle çürütüldüğünü ortaya koyuyor. Ioannidis bunda istatistiksel sonuçların yanlış yorumlanmasının da payının olduğunu belirterek bu tür yanlışlıkları en aza indirmek için araştırmaya uygun istatistik yönteminin seçilmesi gerektiğini vurguluyor.İstatistikçiler genetiğin babası olarak bilinen Mendel'in 1860'larda bezelyelerden topladığı verileri hâlâ kontrol ediyor. Bu verilerin varsayıma mükemmel uyumu 1936'da R. A. Fisher'i Mendel'in veya asistanının verilerle oynamış olduğu iddiasına götürür. Mendel'in verileri bazı bilim insan-



Çizim: Hilal Özçelik

larınca "onaylama yanlılığı"na örnek olarak gösterilse de, verilerin istatistiksel sınamalardan geçisi bu konudaki tartışmaların genelde Mendel'den yana sonuçlanmasını sağlar. Onaylama yanlılıklarının özellikle sağlık alanındaki yayımlarda olması uçları insan sağlığına ve sağlık politikasına dayandığı için tehlike arz ediyor. Klinik deneylerdeki yanlılıkların saptanması üzerine yaptığı çalışmalarda Akdeniz Üniversitesi'nden Osman Saka, kullanılan istatistik yöntemleriyle bunları bir derece düzeltmenin mümkün olduğunu belirtiyor.

Veri analizlerinde gittikçe yaygınlaşan bir başka uygulama da deney ve uygulanacak istatistik yöntemine karar verilip her şey sonlandırılana kadar veriye bakmamak. Bu, araştırmacının beklentileri doğrultusunda olmayan verilerin daha az dikkate alınması ya da tahmin ettiği sonuca uygun veriler yönünde seçiciliği gibi yanlılıkları ortadan kaldırıyor. İdeal olan, varsayımda bulunanın onun doğruluğu ya da yanlışlığına eşit mesafede olması ve verileri nesnel bir şekilde değerlendirmesi. Bilim insanının tarafsızlığını göstermesi açısından Kepler güzel bir örnek: Gezegenlerin mükemmel çember yörüngelerde döndüğünü destekleyici çalışma yapması istenen Kepler, gezegenlerin eliptik yörüngeleri olduğunu açıklar.

Bilim tarihi Kepler gibi bireysel çalışan araştırmacıların başarılarıyla dolu. Ancak geniş araştırma gruplarının bireysel çalışmaların yerini aldığını, üniversitelerde bu tür yapılanmaların gittikçe arttığını görüyoruz. Sovyetler Birliği'nin 1957'de Sputnik uydusunu fırlatmasıyla başlayan uzay çağı, araştırmaların gruplarla yapılmasını yaygınlaştıran en önemli faktör olarak görülür. Çünkü Sovyetlerin bu başarısı ABD'ye, bilim savaşlarında öne geçmenin hızla büyük araştırma grupların organize edilmesiyle mümkün olabileceğini düşündürür. Araştırma gruplarının kişisel yanlılıkları engelleyici olduğu söylenebilir. Ancak gruplar büyüdükçe araştırmanın bütçesi de büyüdüğü için yanlılığın ve politikanın bilimsel çalışmalara sızma olasılığının arttığı söylenebilir. Özellikle sanayi kuruluşlarınca desteklenen araştırmaların genelde lehte bulguları duyurması insanları bilime şüpheyle baktıran nedenlerden biridir.

Bu yanlılığı engelleyen ve bilimsel çalışmalarda olması gereken bir özellik araştırmanın halka açık olması. Çalışmada izlenen yöntem ve sonuçların gizli olmaması, verilerin ortaya konulması şüphelerin giderilmesi açısından önemli. Örneğin insan faktörünün küresel ısınmaya etkisi üzerine bitmeyen tartışmaların temelinde biraz da şüphecilik yatıyor. İklim değişiklikleri üzerine odaklanan çalışmalarıyla bilinen East Anglia Üniversitesi'nin gizlici tutumu sonunda bilgisayar korsanlarının saldırısına uğramaları ve verilerinin ifşa edilmesiyle sonuçlandı. 2009'un Kasım ayında gerçekleşen bu olay üzerine İngiltere Bilim ve Teknoloji Komitesi üniversitenin daha şeffaf olması gerektiğini açıkladı.



Çizim: Hilal Özçelik

Çekirge bir sıçrar, iki sıçrar...

Jan Hendrick Schön de bir bilim insanı. Moleküler elektronik alanındaki makaleleriyle tanınan Schön bir zamanlar organik elektriksel lazerin keşfinden tek molekülden oluşan transistörlere kadar elektronikte ve nanoteknolojide çığır açabilecek çalışmalarıyla biliniyordu. Sadece 2000 yılında *Science* ve *Nature* dergilerinde sekiz makalesi yayımlandı. İki makalesinde içerikleri farklı olsa da aynı şekil ve grafikleri kullandığının fark edilmesi üzerine araştırması incelemeye alınan Schön'ün keşiflerinin yalan olduğu ortaya çıktı. Bilim ahlâkına aykırı olarak bazı verileri kaydetmediği ve yok ettiği anlaşıldı. Uydurma veriler taşıdığı gerekçesiyle 16 akademik makalesi ve altı patent başvurusu geri çekildi. Araştırmalarını yürüttüğü Bell Laboratuvarları'nda iş bu raddeye gelmeden nasıl olup da fark edilmediği merak edilen Schön sonunda görevinden alındı.

Yine yakın tarihte ortaya çıkan usulsüz bir başka bilimsel çalışma Güney Koreli veteriner Hwang Woo Suk'a ait. Ülkesinde "Üstün Bilim Adamı" ünvanı verilen Woo Suk 1999'da bir inek, bundan üç yıl sonra domuz, 2005'te ise bir köpek kopyaladığını ilan etmişti. 2004'te *Science* dergisinde duyurulan, insan embriyosunu kopyalama ve bundan kök hücre elde etme çalışmasının ardından ünü iyice yayılsa da, verilerle oynadığı ortaya çıkınca üniversitedeki görevine son verildi. Uydurma verileri bir yana, araştırmada kullandığı yumurtalardan ikisinin, birlikte çalıştığı genç asistanlardan diğer bir kısmınınsa 20 kadar kadından para karşılığı alındığı doğrulanınca Kore'nin biyoetik kurallarını ihlal ettiği gerekçesiyle Woo Suk'un iki yıl hapsi istendi.

Bunlar kişisel olaylar, bir de kurumsal olanlar var: İngiliz Bilimler Akademisi 1998'de genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) üzerine ilk raporunu yayımlar. Uzman grup bu ürünlerin ziraatte kalite ve besin değerini arttırma gibi yararlarından bahseder. GDO'lar dünyadaki açlığın çözümü olarak sunulur. Buraya kadar sorun yok, ancak hikâyenin bundan sonrası bilimin nesnelliğine tam bir darbe niteliğinde. Tam bu sıralarda Dr. Arpad Pusztai'nin GDO'lu patateslerin zararlarıyla ilgili makalesi *Lancet* dergisinde yayımlanacaktır. İngiliz Bilimler Akademisi başkanı Peter Lanchman araya girer ve makalenin yayımlanmaması için uğraşır. Dergi editörü tehdit edilir. Pusztai'nin araştırmasını yalanlamak için Akademi bünyesinde çalışma grubu kurulur. GDO'lardan yana bir sürü makale çıkaran grubun verdiği referans listesinde yayınlanmamış makaleler bulunur. Üstüne üstlük Pusztai Araştırma Grubu'nun başkanı, Koyun Dolly'nin kopyalanması ve diğer genetik çalışmalarıyla bilinen Roslin Enstitüsü'nün başkan vekilidir. Neyse ki 2002'lerde Akademi içinden kişiler yavaş yavaş toplantılardaki partizanlık ve yanlı tartışmaları gündeme getirirler.

Her ne kadar bilimsel yöntem nesnel olmayı hedeflese de sonuçta bilimsel çalışmaları da insanlar yürütüyor. Bilim insanları da doğayı eğilimleri ve önyargıları doğrultusunda algılıyorlar. Bunun ötesinde onlar da zaaflarının esiri olabiliyorlar. Farkında olmadan yapılan yanlılıklar kabul edilse de sahte bilime yol veren bilinçli hataları kimse onaylamıyor. Bunları en aza indirmek biraz da araştırmacının her çeşit yanlılıktan uzak durma konusunda kararlılığına bağlı.

Bilim ve teknoloji yaşamımıza gittikçe daha fazla giriyor. Bilinçli hatalardaki artışsa "Yoksa, gelecekte bilim insanlarına bir çeşit hipokrat yemini ettirmek zorunda mı kalacağız?" sorusunu akla getiriyor.

Kaynaklar
http://pages.stern.nyu.edu/~wstarbuc/Writing/Prejud.htm
http://www.tuba.gov.tr/haber.php?id=26
http://www.turkmia.org/eski/kongre/tipbil05/pdf/12.pdf
http://www.newyorksciencete acher.com/sci/files/user-submitted/Misconception1.pdf
http://www.skepticalinvestigations.org/home.htm

Bahri Karaçay

Şişmanlığın Genleri

Son yıllarda ülkemizi de etkilemeye başlayan obezlik, modern dünyanın en yaygın sağlık sorunlarından biri haline geldi. Uzun bir süre obezliğin irade yetersizliği ve çok yiyip yeterince egzersiz yapmamaktan kaynaklandığına inanıldı ve nedenin biyolojik olmaktan çok psikolojik olduğu ileri sürüldü. Hâlâ yaygın olan kanı da bu. Ancak elde edilen bilimsel veriler bu görüşün gerçeği tam yansıtmadığını, şişmanlığın yaşam tarzı yanında genlerin kontrolü altında olduğunu gösteriyor.



>>>

Arizona eyaletine bağlı Phoenix şehrinin güney sınırları boyunca uzanan ve ABD'den çok gelişmekte olan bir ülkeyi andıran bölge, yüzyıllardır burada yaşamakta olan Pima kabilesine ait. Genelde birbirinden uzak evlerin oluşturduğu tipik bir Pima kasabasında, tarım arazileri arasında etrafa serpişmiş evler, bazen bir kumarhane ve çoğu zaman da bir böbrek diyaliz merkezi dikkati çekiyor. Gila Nehri Yerlilerinden olan Pimalar pek çoğumuzun yaşayamayacağı bu çöllerde yetişebilen sınırlı sayıdaki bitkilerle beslenerek binlerce yıldır hayatta kalabilmişler. Dolayısıyla Pimaların vücutları yiyeceğin genellikle kıt olduğu bu şartlara uyum sağlamış durumda.

Ancak beyazların Pimaların bölgesine ulaşmasıyla Pimaların yaşamları alt üst olmaya başlamış. Beyazlar, Gila Nehri boyunca yerleşim merkezleri kurup nehrin sularını kullanmaya başlayınca nehrin ilerisinde bulunan Pima bölgesine akan su miktarı da giderek azalmış. Zaten çölde yapabildikleri sınırlı tarımla yaşamlarını sürdüren Pimalar su azalınca kendilerini açlığın kucağında bulmuşlar. Sayıları giderek azalmış. Bir süre sonra yardım etmek amacıyla Amerikan hükümeti Pimalara tonlarca un, şeker ve işlenmiş gıdalar dağıtmış. Yiyeceğin bol olduğu zamanlarda onu kıt zamanlarda kullanmak üzere depolamakta etkin hale gelmiş olan Pimaların vücutları yağ, un, şeker gibi enerjisi yüksek gıdalarla ve devamlı olarak beslenmeye başlayınca kısa sürede kilo almaya ve obezleşmeye başlamışlar. Amerikan yaşam tarzı ve yeme alışkanlıklarına uyum gösteren Pimalar bugün dünyadaki en obez topluluk unvanını taşıyor. Alınan aşırı kilolar çok sayıda hastalığı da beraberinde getirmiş; özellikle en başta "tip 2 diyabet" olmak üzere endüstrileşmiş ülkelerde çokça görülen hipertansiyon, kanser, artritis gibi hastalıklar bunların başında geliyor. Obezlik oranı Pimalar arasında %40-50'lere kadar çıkıyor. ABD genelinde ise 2009 yılı istatistiklerine göre bu oran %26. Böbrek diyaliz klinikleri de bu yüzden Pimaların yaşamlarının vazgeçilmez parçası haline gelmiş.

2006 yılında yayımlanan bir çalışma Pimaların durumu hakkında çok ilginç gerçekleri gün ışığına çıkardı. Amerikan Pima Rezervasyonu'ndan yüzlerce kilometre ötede bugünkü Kuzey Meksika'nın Sierra Madre dağlarında bir grup Pima yerlisi daha yaşıyor. Genetik, arkeolojik ve dilsel çalışmalar, çiftçilikle geçinen Meksika Pimalarının, genetik kuzenleri olan Amerikan pimalarından yaklaşık iki bin yıl önce ayrılmış olduklarını gösteriyor. Meksikalı Pimalar hâlâ toprağı tek bir atın çektiği tek bıçaklı bir pullukla işliyor, çamaşırlarını dere kenarında taşlara vurarak yıkıyorlar. Çocuklar birkaç kilometre uzaktaki okullarına yürüyerek veya koşarak gidip geliyorlar. Diğer bir deyişle günlük yaşamları fiziksel aktivite ile dolu olarak geçiyor. Meksikalı Pimalar haftada 22 saat ağır fiziksel işler yaparlarken Amerikalı kuzenleri haftanın sadece iki saatini ağır işlere harcıyorlar.



Thinkstock

Modern yaşamın kolaylıkları sonucu daha az enerji sarfederken, enerji içeriği çok daha yüksek yiyecekleri tüketiyoruz. Kullanılmayan enerji ise vücudumuzda yağ olarak birikiyor.

Bu durumda şu sorgulamayı yapabiliriz: Eğer Amerikalı Pimaların obezlik problemi tamamen genlerden kaynaklanıyorsa, Meksikalı kuzenlerinin de obez olmaları beklenirdi. Ancak bulgular bu tezi desteklemiyor. Araştırmaya dahil edilen Meksikalı Pimaların ortalama ağırlıkları 72 kg iken Amerikalı kuzenlerinin ortalaması 98 kg idi. Tip 2 diyabet Meksikalı erkek Pimalar arasında %5,6 ve kadınlar arasında %8,5 iken bu rakamlar Arizona Pimaları için %34,2 ve %40,8 olarak saptandı. Araştırmacılar Meksikalı olup ancak Pimalarla bir akrabalığı olmayan bir grubu daha çalışmaya eklediler. Bu gruptaki erkeklerde tip 2 diyabet görülmezken kadınlarda bu oran %5 olarak ortaya çıktı. Diğer deyişle rakamlar yaş ve cinsiyete göre düzenlenince Amerikan Pimalarının Meksikalı Pimalardan 5,5 kat ve Pima olmayan Meksikalılardan ise 16 kat daha fazla tip 2 diyabete yakalandıkları belirlenmiş oldu.

Pimaların Pima olmayan Meksikalılarla karşılaştırılması önemli bir gerçeği daha gün ışığına çıkarmış oldu. Meksikalı Pimalar arasında bile diyabet çok daha yüksek oranda görülüyordu. Meksikalı Pi-

Anahtar Kavramlar

Uzun bir süre şişmanlık ve obezliğin psikolojik olduğuna, şişmanlığın insanların kendilerini kontrol edemeyip çok yemelerinin ve çok az hareket etmelerinin sonucu olduğuna inanılıyordu.

Bilimsel çalışmalar iştahın, enerji metabolizmasının ve vücutta yağın depolanmasının genlerin kontrolü altında olduğunu ortaya koydu.

Artık bu fonksiyonlardan sorumlu genleri bir bir belirlemeye başladık. Bunun sonucu olarak tarihte ilk defa hormon eksikliği nedeniyle ortaya çıkan obezlik tedavi edildi.

malar daha kolay kilo alıyor, aşırı ağırlıkla birlikte gelen diyabete de daha sık yakalanıyorlardı.

Pimalar üzerinde yapılan bu çalışmalar hem yaşam tarzını da kapsayan çevresel faktörlerin hem de genetik yapının vücut ağırlığının belirlenmesinde önemli olduğunu kanıtlıyor. Her ne kadar şişmanlık vücuda alınan ile harcanan enerji arasındaki denge olarak basit bir kavrammış gibi görünse de gerçekte çok daha karmaşık bir sorun (video için bakınız, www.bahrikaracay.com/blog).

İsveç ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nde yapılan bir çalışma ortalama insanların yetişkin yaşamları boyunca kilolarının dar sınırlar arasında kaldığını, her on yılda bir beş kilo civarında değiştiğini gösterdi. Eğer gerçekten bu kadar basit bir denge varsa enerji tüketimimize baktığımızda bundan çok daha fazla kilo alıyor olmamız gerektiğini görüyoruz. Örnek olması bakımından, günlük enerji tüketimi ardından sadece 7 kalorinin yakılamadan vücutta kalması bile 30 yıllık bir süre içerisinde 10 kg'lık kilo artışına dönüşecektir. İşin ilginç yanıysa bu 7 kalorilik artık enerjiyi elde etmek için fazladan bir dilim salatalık yememizin yeterli olmasıdır.

Yıl boyunca kişi başına yaklaşık bir milyon kalori tüketiyoruz. Yaşam boyu yaklaşık 42 ton şu içiyoruz, 9 ton karbonhidrat, 3 ton yağ, 3 ton protein ve 0,4 ton da diğer gıdalardan tüketiyoruz.

Sürekli olarak enerji tüketmemize rağmen insanların çoğu hemen hemen aynı kiloları muhafaza ediyor. Çünkü aldığımız enerjiyi çalışarak, egzersiz yaparak, vücut sıcaklığını belli aralıkta tutarak, akciğerlerimizden karbondioksit şeklinde atarak ve artıklar şeklinde harcıyoruz. Öte yandan, diyet programlarının %70-95'inin 1-2 yıl içerisinde başarısızlığa uğradığını da biliyoruz. Kaybedilen kilolar yeniden geri alınıyor.

Bütün bu bulgular veya hesaplamalar, vücudumuzda kalori hesabını yapan bir sistemin olduğunu gösteriyor. Hemen hemen aynı çevre şartlarında yaşayan insanlar arasında görülen olağanüstü kilo farkları da çevre şartları, beslenme alışkanlıkları veya kişinin egzersiz yapıp yapmaması yanında, kişiler arasındaki genetik farklılıkların da vücut ağırlığının belirlenmesinde önemli olduğunu gösteriyor.

Genetik yapısı tıpa tıp aynı olan fakat evlatlık edinilmeleri nedeniyle çok farklı ortamlarda büyüyen tek yumurta ikizleri üzerinde yapılan çalışmalardan da genlerimizin ağırlığımızı belirlemede belirleyici olduğunu biliyoruz. Çünkü ikizler ağırlık açısından üvey anne ve babalarına değil, biyolojik ebeveynlerine benziyorlar. Aynı çevre şartlarındaki bir grup insanı göz önüne alırsak, bu grup içerisinden tesadüfen seçeceğimiz iki kişi arasındaki BMI farklılığı (BMI-Body Mass Index; şişmanlığın ölçütü olarak kullanılan ve kişinin boyu ile ağırlığını dikkate alan bir değer), %40 ile %70 oranında genetik farklılıklardan kaynaklanmaktadır.


Thinkstock

Cambridge Üniversitesi Metabolik Hastalıklar Enstitüsü araştırmacılarından Dr. Sadaf Farooqi obezlik konusunda bilime yaptığı katkılarla dünya çapında isim yapmış bir bilim insanı olarak bilinir. Dr. Sadaf Farooqi ile yürüttüğü çalışmalarını sunmak üzere Üniversitemize geldiğinde tanıştım. Pakistan asıllı ama İngiltere'de büyüdüğü için İngiliz aksanlı olan Farooqi, obezlik üzerine araştırma çalışmalarına başladığı "90'lı yıllarda bilim dünyasındaki genel inanışın, ağırlığın çok sayıda gen tarafından kontrol edildiği ve çevre şartlarının her bir gen üzerindeki küçük etkilerinin birlikte ağırlığımızı belirlediği şeklinde olduğunu" belirterek, "böyle olunca da ağırlığı kontrol eden genlerin belirlenmesi saman yığınında iğne aramak gibi bir şey olacaktı" diye eklemişti. Fakat aradan geçen yıllarda obezlik hakkında yapılan genetik çalışmalar, ortalamanın biraz dışına çıkıldığında, yani aşırı obezlerin ve aşırı zayıfların ağırlıkları göz önünde bulundurulduğunda çok sayıda gen yerine az sayıda genin çok önemli ağırlık farklarından sorumlu olduğunu göstermeye başladı. Bu nedenle Dr. Farooqi çalışmalarını normal bir popülasyonun fertleri yerine aşırı obez bireylerin olduğu aileler üzerinde yoğunlaştırmaya karar vermiş. Ona göre bu vakalar nadir görülüyordu ama obezlik konusunda sırlar taşıyordu. Farooqi bu düşünceyle 10 yaşın ve özellikle beş yaşın altında aşırı şişman çocuğu olan ailelerle çalışmaya başladı. Çok sayıda hastane ve kliniğin de yardımıyla bu özellikleri taşıyan yüzlerce çocuğa ulaşıldı. Çalışması sadece İngiltere'yle de sınırlı kalmadı. Birkaç yıl içerisinde farklı ülkelerden de obez çocuklar çalışmaya eklenince sayı 3500'e kadar çıktı. Bu çocuklar hakkında ayrıntılı bilgiler kaydedildi, onlardan kan örnekleri alındı. Sonuçta bu çocukların DNA'ları analiz edilecek ve onların daha çocuk yaşta olağanüstü kilo almalarına neden olan genetik bozukluklar tespit edilecekti. Yeri gelmişken belirteyim, anormalliklerin erken yaşlarda ortaya çıkması ve özellikle ailenin birden fazla ferdini etkilemesi bu anormalliğin genetik temelleri olduğu hakkında önemli bir göstergedir.

Dr. Farooqi'nin çalıştığı ailelerden ikisi kendi ailesinin de gelmiş olduğu Pakistan'ın Pencap bölgesinden Londra'ya taşınmış göçmen ailelerdi. Her iki ailede de anne ve baba, kuzenleriyle evlenmişlerdi. Ülkemizin bazı yörelerinde de hâlâ gözlendiği gibi, Pakistan'da akraba evliliği geleneğin bir parçasıdır. Akraba evlilikleri genetik kusurların ortaya çıkma ihtimalini artırdığı için gelişmiş ülkelerin pek çoğunda yasaklanmıştır ve akraba evlilikleri bu ülke halkları tarafından çok yadırganır. Bununla beraber akraba evlilikleri pek çok Ortadoğu, Orta Asya ve Uzakdoğu ülkesinde hâlâ sürmektedir.

Kuzen anne ve babadan olan iki kuzen, daha çocuk yaştayken aşırı derecede kilo almıştı. Sekiz yaşındaki kuzen 86 kg ağırlığındaydı. Ameliyatla vücut yağla-

rının alınmış olmasına rağmen ağırlığından dolayı yürüyemez hale gelmiş, tekerlekli sandalyeye bağlı kalmıştı. Daha küçük olan iki yaşındaki kuzen ise yaklaşık 30 kg ağırlığındaydı ve her geçen gün kilo alıyordu.

Kuzenlerden birinin anne ve babası çocuklarının daha dört aylıkken anormal bir iştahı olduğunu gözlemlediler. Bebek bir türlü doymak bilmiyordu. Kardeşlerinden ve anne babasından bile daha çok yiyordu. Çocuklarının bu olağanüstü iştahını gören anne ve baba önceleri pek aldırmadılar ve çocuk istedikçe ona yiyeceği bir şeyler verdiler. Ama bir süre sonra çocuklarında bir anormallik olduğunun farkına vardılar. Anne ve baba olarak çocuklarının yiyeceklerini kısmaya gönülleri razı olmayınca sonunda bir hekime başvurmaya karar verdiler. Hekim onlara çocuğu yiyeceklerden uzak tutmalarını, bunun için buzdolabı da dahil yiyecekleri kilitlemelerini önerdi. Ama bu bile çare olmadı. Çocukları bu sefer çöpleri karıştırıp bulduklarını yemeye başladı. Hatta bir defasında annesi kızını, derin dondurucuda bulduğu dondurulmuş balığı yerken yakalamıştı.

Hekimin önerdiği testlerin hepsi normal çıktı. Çocuğun ne beyninde bir lezyon vardı ne de tiroid bezi kanseri vardı. Ayrıca o günlerde sayıları birkaçı geçmeyen genetik testlerde de bir anormallik bulunmadı. Dr. Farooqi daha önce obezlikle ilgili olarak yapılan araştırmaları taramaya başladı. Konuyla ilgili daha önce yayımlanmış araştırma bulguları çok ilginçti. Şişmanlığın genleri hakkındaki en önemli bulgu bir tesadüf eseri ortaya çıkmıştı.

1949 yılında bir yaz günü Jackson Laboratu-varları'nda çalışan hayvan bakıcılarından biri kafesleri kontrol ederken daha önce fark etmediği bir şey gördü. Dikkatini çeken, kafesin bir köşesinde tüylerini temizleyen ve fazla enerjik görünmeyen bir fareydi. Diğer farelerden daha tüylüydü ama diğerlerinden çok daha şişmandı. Bakıcı fareyi o sıralarda Jackson Laboratuvarları'nda doktora öğrencisi olan Margaret Dickie'ye gösterdi. Margaret önce farenin gebe olduğu için diğerlerinden çok daha büyük olduğunu düşündü. Fakat bu açıklama doğru olamazdı, çünkü o güne kadar bu fare hiç doğum yapmamıştı ve dahası biraz yakından incelediklerinde onun aslında erkek bir fare olduğu ortaya çıktı. Şişman fare fazla hareket etmiyordu ve ettiğinde de enerjisini hep yem tüketmek üzere kullanıyordu. Diğer farelerle karşılaştırıldığında onlardan neredeyse üç kat daha fazla yem tüketiyordu. Ona İngilizcede aşırı şişman anlamına gelen "obese" kelimesine atfen "Ob faresi" adı verildi. 1950 yılında Dickie ve iki araştırmacının imzasıyla yayımlanan makalede, on aylık ve 90 gr olan Ob faresi ve onun yanında aynı yaşta fakat normal olan 29 gramlık bir farenin fotoğrafı da yer alıyordu. Ob faresinin çoğaltılması zor oldu çünkü üreme konusunda problemleri vardı. Fakat araştırmacılar değişik


Thinkstock

teknikler kullanarak obez farelerden oluşan bir koloni oluşturdular. Bu koloninin yetiştirilmesi sırasında elde edilen veriler obezlik geninin çekinik bir kalıtım yolu takip ettiğini gösteriyordu. Ob faresi yıllar sonra şişmanlık konusunda bilim tarihinde elde edilen en önemli keşiflerden birini mümkün kılacaktı.

New York'taki Rockefeller Üniversitesi'nden Dr. Jeffrey Friedman 1994'te *Nature* dergisinde yayımladığı bir makale ile Ob faresini obez yapan genin ne olduğunu açıklayacaktı. Genin keşfedilmesi neden bu kadar uzun sürdü diye sorabilirsiniz. Hatırlayacaksınız, DNA'nın yapısı ilk defa 1953'te keşfedilmişti. Moleküler biyoloji tekniklerinin geliştirilmesi için ise aradan 20-25 yıllık bir sürenin daha geçmesi gerekmişti.

Ob geni bir hormon kodluyordu. Ob farelerinin vücutları Ob geninde ortaya çıkan bir mutasyondan dolayı bu hormonu üretmiyordu. Ob geninin Ob faresinden yalıtılıp dizilimi belirlendiğinde gende tek bir bazın değişmiş, "Sitozin" yerine "Timin" bazının yerleşmiş olduğu ortaya çıkacaktı. Dr. Friedman genin ürünü olan hormona yunanca "zayıf" anlamına gelen "leptos" kelimesinden esinlenerek "Leptin" adını verdi. Friedman'in leptin genini bulması sekiz yılını almıştı ama keşfini yayınlar yayınlamaz, bir anda bilim dünyasında beklediği üne de kavuştu. Fakat daha sonra Ob geninin bulunmasında anahtar rol oynayan ve Friedman'in laboratuvarında çalışan teknisyen ve doktora sonrası çalışmaları yapanların açıklamaları Friedman'in bu başarıya tek başına sahip olmak için inanılmaz manevralara başvurduğu ve aslında buluşta çok önemli rol oynayan kişilerin isimlerini yayımlanan makaleden çıkarmış olduğu da ortaya çıkacaktı.

Leptin, 167 amino asitten oluşan bir protein ve vücutta beyaz yağ hücreleri tarafından üretiliyor. Leptin'in kan dolaşımındaki miktarı vücuttaki yağ hücrelerinin sayısıyla da doğru orantılı. Başlıca kaynak, yağ dokusu ve yağ hücreleri olmakla birlikte daha sonra yapılan çalışmalarla leptin'in midede bulunan bir grup hücre tarafından da üretildiği keşfedildi. Leptin'in keşfi o güne kadar yağ depolamanın dışında hiçbir işlevi olmadığına inanılan yağ dokusunun aslında önemli metabolik hormonlar üreten bir doku olduğunu da ortaya koyuyordu.

Leptin hormonunun dünya çapında, kilo vermek isteyen milyonlarca insan için mucize ilaç olacağı ve milyarlarca dolar kâr sağlayacağı düşüncesiyle yola çıkan uluslararası ilaç şirketleri henüz makale *Nature* dergisinde yayımlamadan, patent anlaşması için Rockefeller Üniversitesi'ne başvurmaya başladılar. Üniversite yönetimi bu şirketlerden biri olan Amgen'in teklifini kabul etti. Amgen patentin lisansı karşılığında Rockefeller Üniversitesi'ne peşinen 20 milyon dolar ödedi. Bu paranın üçte biri Üniversiteye, üçte biri Friedman'in araştırmaları için destek sağ-

layan Howard Hughes Tıp Enstitüsü'ne ve geri kalan üçte biri de araştırmacılara verildi. Kesin olmamakla beraber bu paranın 5-6 milyon dolarlık bir miktarını Friedman'in aldığı ve geri kalan birkaç yüz bin doları da diğerleri arasında paylaştırdığı biliniyor. Friedman'in şöhret ve para için yaptıkları, yaşamını insanlığın geleceği için adamış bilim insanları arasında bile asıl hedeflerinin ne olduğunu unutarak kendi hırsları peşinde koşanların neler yapabileceğini göstermesi bakımından ibret verici bir örnek olarak anılır.

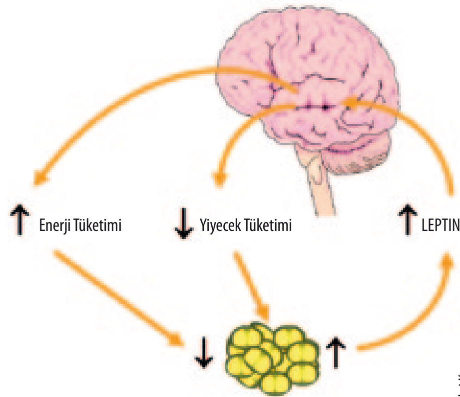
Yaşamın sürprizlerle dolu olduğu, leptin konusunda da ilginç bir biçimde kendini gösterdi. Obez insanların kanlarında beklenenin aksine normalin üzerinde leptin olduğu belirlenince leptin'in mucize ilaç olacağı beklentileri de suya düştü. Tahmin edildiğinin aksine dünya üzerinde hiç leptin üretmediği için aşırı obez olan insanların sayısı çok az miktarda, 25 civarında kaldı. Şimdilerde obez insanların beyinlerinin leptin hormonuna cevap veremediği görüşü ağırlık kazanıyor ve ilaç şirketleri beynin leptin'i dinlemesini nasıl sağlayabilecekleri üzerinde duruyorlar. Bütün bu uğraşlarda amaç, yeni bir ilaç geliştirerek obez insanların kanlarında zaten yüksek miktarda bulunan leptinin beyindeki işlevini güçlendirip şişmanlığı önlemek ve kilo kaybını sağlamak.

Bir hormon olan leptin'in kan dolaşımıyla beyine ulaştığı ve diğer hormonlarda olduğu gibi onun için özel olan ve hücre zarında yerleşmiş leptin reseptörüne bağlanarak görevini yerine getirdiği tahmin edildi ama leptin'in bağlandığı reseptörün izolasyonu için aradan iki yıl daha geçmesi gerekti. Leptin'in beyinde hangi bölgeyi etkilediği konusunda ilk veriler aslında yıllar önce hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarla belirlenmişti.

Amerikalı bir nöropsikolog olan John Raymond Brobeck, 1943 yılında yaptığı bir hayvan deneyinde beyinde hipotalamus adı verilen bir bakla büyüklüğündeki yapıda meydana gelen lezyonların kobaylarda hiperfaji adı da verilen aşırı açlık duyulması ve buna bağlı olarak aşırı miktarda besin alınmasına neden olduğunu buldu.

İngiliz bir araştırmacı olan Gordon Kennedy de vücut sıcaklığını belirleyen sistem gibi vücutta bir de yağ miktarını ayarlayan bir termostat olduğunu ve bu termostatın tüketilen ve harcanan enerji arasındaki dengeyi kurmak üzere iştahı ayarladığını ileri sürmüştü. Kobaylar üzerinde hipotalamus lezyonlarını çalışan G. R. Hervey de hipotalamusun bu devrenin bir parçası olduğunu ileri sürdü.

1973'te Doug Coleman yayımladığı bir makaleyle, kan dolaşımı üzerinden hipotalamusa ulaşan bir faktörün farenin ne zaman yemesi gerektiği ve ne zaman durması gerektiğini belirlediği hipotezini ileri sürdü. Bu hipoteze göre Ob faresinin vücudunun bu faktörü üretmediğini bu nedenle de hep aç olduğunu düşünerek devamlı yediğini, normal farede ise bu faktörün etkisiyle yemenin durduğunu ileri sürdü. Coleman'in bu tezi ile ilk defa şişmanlığın sadece psikolojik bir problem olmadığı, aslında yemek alışkanlığı gibi son derece önemli bir davranışın gerisinde moleküllerin, yani biyolojik bir problem olduğunu ortaya koyuyordu.



Fazla kaloriler vücutta yağa dönüşünce, yağ dokusu hücreleri Leptin hormonunu üretmeye başlar. Leptin beyne yeterince kalori alındığı mesajını verir. Bunun üzerine kilonun belli sınırlarda kalmasını sağlayan kontrol mekanizması devreye girer. Bir yandan yiyecek tüketimi azalırken diğer yandan enerji tüketimi artar. Böylece yağ depolanması kontrol altına alınır. Leptin eksikliği olan hastalarda bu mekanizma işlemez durumdadır.

Günümüzde artık yağ hücreleri tarafından üretilen leptin'in kan dolaşımıyla beyinde bulunan ve açlık, susuzluk, cinsel arzu gibi temel dürtüleri kontrol eden hipotalamusa ulaştığını biliyoruz. Vücutta yeterince yağ varsa hipotalamus leptin akınına uğrar ve tokluk hissinin duyulmasıyla iştahın kesilmesini sağlar. Böylece vücutta daha fazla yağ birikmesi önlenmiş olur.

Dr. Farooqi ve patronu Dr. Stephen O'Rahilly, 1994'te Jeff Friedman'in yayımladığı *Nature* makalesini okudukların da akıllarına gelen ilk şey Pakistanlı kuzenlerin kanlarındaki leptin düzeyine bakmak olmuştu. Farooqi laboratuvarda kendisinin yaptığı testin sonuçlarını elde edince hem mutluluk hem de hayretler içinde kaldı. Pakistanlı kızın kanında leptin'den eser yoktu. Onun vücudu hiç leptin üretmiyordu. Hâlbuki ilk DNA testlerinde bir bozukluğa rastlanmamıştı. Farooqi ilk analizlerde bir şeylerin yanlış gitmiş olmasından emin olarak tekrar bu iki aileyi ziyaret etmeye gitti. Anne ve babalar hekimlerden ümitlerini kesmişlerdi. Çünkü hepsi aynı şeyi söylüyor, çocuklarının daha az yemesi ve daha fazla hareket etmesi gerektiğini tekrarlayıp duruyorlardı. Farooqi aile üyelerinden DNA analizi için yeniden kan örnekleri aldı. Testleri tekrarladı. Önce, kan örneklerindeki leptin düzeylerine baktı. Aşırı obez kuzenlerin her ikisinin kanında da leptin'den eser yoktu. DNA analizlerini tekrarladığında aşırı obez kuzenlerin DNA'larında daha önce gözden kaçırılmış bir mutasyon buldu. Anne ve babaları taşıyıcıydılar. Yani leptin genlerinin sadece birinde mutasyon vardı ve sağlıklı kopya onları obezliğe karşı korumuştu. Ama aşırı obez kuzenlerin her iki genlerinde de mutasyon vardı.

Farooqi ve O'Rahilly'nin bu çocuklara Amgen şirketinin ürettiği leptin hormonunu vermenin sonucunun ne olacağını merak etmeye başladılar. Eğer hipotezleri doğru ise leptin hormonu bu çocukların iştahlarını kontrol altına alacak ve diğer yandan zayıflamalarını sağlayacaktı. Amgen'in hormonu daha önce bazı hastalarda denenmişti ama sonuçlar net değildi. Bazı hastalarda etkili olmuş bazılarında ise hiç bir etki yaratmamıştı. Fakat bu hastaların hepsinin leptin genleri normaldi. Ayrıca bu denemeler yetişkinler üzerinde yapılmıştı.

Farooqi ve O'Rahilly hormon tedavisine başlamadan önce, biraz da meraklarından, kuzenleri kardeşleriyle birlikte yemek yerken izlediler. Bir kahvaltıda aşı-

rı obez kuzenlerin kardeşlerinden çok daha fazla yediklerini ve hatta bir oturuşta normal yetişkin bir insanın bir günde tükettiği kadar kalori aldıklarını şaşkınlıkla izlediler.

Denemeye dokuz yaşındaki kuzenle başladılar. Önce hormonun dozunu düşük tuttular. Fakat hormonun etkisi hemen görülmeye başladı. Çocukların ilk defa "doydum" diyerek sofradan kalktığını görmeleri anne ve baba için bir mucizeydi. Yiyecek birşeyler için anne ve babasına artık yalvarmıyordu. Eskiden olduğu gibi gece yarısı kalkıp, yiyecek birşeyler aramak için mutfağı taramıyordu. Aksine deliksiz bir uyku çekmeye başlamıştı. Sonuçlar olağanüstüydü. Çocuk yavaş yavaş kilo vermeye başladı. İlk yılın sonunda yaklaşık on altı kilo kaybetti. İkinci yılda hormonun dozu biraz artırılınca 5 kg daha zayıfladı.

Dr. Farooqi, leptin tedavisini uyguladığı ilk kuzenin fotoğrafını gösterdiğinde resmen ağzım açık kalmıştı. Hormon tedavisinden önce aşırı şişman olan çocuk bizim deyimimizle çıta gibi olmuştu ve yaşıtlarından hiçbir farkı yoktu. Oysa tedaviden önce onu uzak mesafeden dahi fark etmemek imkânsızdı. Daha küçük olan kuzenine hormon uygulamasına ise dört yaşındayken başlandı ve onda da aynı olumlu sonuçlar alındı.

Farooqi ve O'Rahilly bu başarılarını 1997'de yayımladıkları bir makaleyle bilim dünyasına duyurdu. Kısa sürede dünyanın farklı ülkelerinde de leptin mutasyonu olan hastalar tesbit edildi. Bunlardan biri de Gülhane Tıp Fakültesi'nden Dr. Metin Özata'nın yirmi iki yaşında 1,68 m boyunda ve 150 kg ağırlığındaki bir hastasıydı. Pakistanlı kuzenler gibi bu hasta da akraba evliliği yapmış bir çiftin çocuğuydu. Bu hastanın diğer bir özelliğiyse 22 yaşında olmasına rağmen henüz ergenliğe ulaşmamış olmasıydı. Aynı ailede leptin eksikliği olan altı yaşında bir kız ve hiç âdet görmemiş 34 yaşında bir bayan da vardı. Yine aynı ailede, daha önce yaşamış ve hiç çocuk sahibi olmadan ölmüş obez üyelerin de var olduğu ortaya çıktı. Bu bulgular leptin'in bir şekilde üremeyle de ilgisi olduğunu gösteriyordu. Daha önce belirttiğim gibi Ob farelerinde de üreme sorunları vardı. Harvard Üniversitesi araştırmacılarından Rose Frisch'in kadın atletlerde âdet sorunlarının gözlendiğini bulması Farooqi için şaşırtıcı olmadı. Bu atletlerin kaslı vücutlarında yeterince yağ bulunmaması leptin eksikliğine neden olmalıydı. Bu görüşe göre leptin eksikliği vücudumuzun enerji tüketimini en aza indirip enerji birikimini maksimum düzeye çıkararak yaşamda kalmamızı garantilemektedir. Üremenin durdurulması ve iştahın artması da bunu sağlamaktadır.



3 yaşında 42 kg.



7 yaşında 32 kg.

Recent Progress in Hormone Research

Leptin hormonu tedavisi, leptin eksikliği sonucu üç yaşındayken 42 kg olan bir çocuğun ağırlığının giderek azalmasını sağladı. Çocuk yedi yaşına ulaştığında ağırlığı normale dönmüştü.

Leptin'in keşfi çoğunluğun şişmanlık sorunu için bir çözüm olmadı ama şişmanlık konusunda yepyeni bir çığır açtı. Keşif şişmanlığın psikolojik bir rahatsızlık olmadığını, aksine gerisinde genlerin bulunduğu ve karmaşık bir biyolojik olgu olduğunu gösterdi. Leptin'in keşfiyle yüzlerce araştırma laboratuvarı şişmanlığın genetik temellerini araştırmaya koyuldu. Bu araştırmalar sonucunda leptin gibi şişmanlıkta rol oynayan çok sayıda gen belirlendi ve belirlenmeye devam ediyor. Bu genlerden bir kısmı iştahı kontrol ederken, bir grup metabolizmayı, diğer bir grupsa vücudun yağı nasıl depoladığını kontrol ediyor.

Elbette bütün sorumluluğu genlere yüklemek ve "yapım böyle, çok kolay kilo alıyorum ve kaybedemiyorum" demek de doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Eğer değişik diyet programları uygulanmasına ve egzersiz yapılmasına rağmen bir türlü kilo verilemiyorsa, perde arkasında genlerin veya onların ürünleri olan leptin veya kan şekerini kontrol eden insülin gibi moleküllerin olabileceği akla gelmelidir. Öte yandan Pima örneğinde gördüğümüz gibi yaşam tarzımızın ve yeme alışkanlıklarımızın vücut ağırlığımızı belirleyen, genlerden sonra en önemli faktörler olduğu her zaman hatırlanmalıdır. Vücudumuza aldığımız ile harcadığımız enerji arasındaki dengeye özen göstererek, egzersizle desteklenmiş, meyve ve sebzenin çokça ve doğal yollardan tüketildiği, aşırı derecede işlenmiş yiyeceklerden mümkün oldukça uzak durulan bir yaşam tarzını benimseyerek normal ağırlıkta, sağlıklı bir geleceği garanti altına alabiliriz.



Bahri Karaçay, Iowa Üniversitesi Tıp Fakültesi Pediatri Bölümü, Çocuk Nörolojisi Kürsüsü öğretim üyesidir. Ayrıca aynı üniversitenin Gen Tedavi Merkezi ve Holden Kanser Merkezi üyesidir. Nörolojik doğum kusurları üzerinde genler düzeyinde araştırmalar yürütüyor. Beş yaşın altındaki çocuklarda görülen sinir sistemi tümörü nöroblastoma ve yine sinir sistemini etkileyen Alexander hastalığına gen tedavisi geliştiriyor. Ayrıca alkolün ve LCM virüsünün fetüs beyni üzerindeki etkilerini araştırıyor.
www.bahrikaracay.com/blog

Kaynaklar

Farooqi I. S., Jebb, S. A., Langmack, G., Lawrence, E., Cheetham, C. H., Prentice, A. M., Hughes, I. A., McCamish, M. A. ve S. O'Rahilly, "Effects of recombinant leptin therapy in a child with congenital leptin deficiency," *N. Engl. J. Med.*, 341:12 (1999.): 879-84.

Shell, E. R., "The Hungary Gene, The science of fat and the future of thin", *Atlantic Monthly Press*, New York, 2002.

İlay Çelik

Bilimsel Programlar Uzman Yardımcısı, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Beynin Karanlık Enerjisi

Bir kitabı okurken beynimizde neler olur? Şarkı söylerken, resim yaparken, yazı yazarken, araba kullanırken ya da tenis oynarken beynimizin hangi bölgeleri daha etkindir? Pek çoğumuzun aklına gelebilecek dikkat çekici ve çarpıcı sorular bunlar. Nitekim çokça araştırmanın yapıldığı konuları da temsil ediyorlar. Peki ya hiçbir şey yapmazken, öylece dururken, serbestçe düşüncelere dalıp gittiğimizde beynimizde neler oluyor? Buysa, belki de adı üstünde "hiçbir şey yapmadığımız" için, pek sormadığımız bir soru. Aslında bu durum bilim insanları için de uzun süre farklı olmamış ancak şimdilerde beynin zihnimizin pasif olduğu düşünülen durumlardaki etkinlikleri, bilim dünyasının en gözde araştırma alanlarından biri olmaya başladı.



>>>

Yakın zamana kadar çoğu sinirbilimci, insan dinlenme durumundayken beynin uyku durumuna geçtiği görüşündeydi. Bu görüşe göre dinlenme halinde beyindeki etkinlik tıpkı hiçbir kanalı çekmeyen bir televizyondaki karlı görüntü gibi bir gürültüden ibaret. Ancak son yıllarda sinirsel görüntüleme teknikleri kullanılarak yapılan incelemeler durumun hiç de böyle olmadığını gösteriyor. Görünüşe göre insan arkasına yaslanıp öylesine dururken beyinde önemli miktarda anlamlı etkinlik cereyan ediyor.

Bulgular, bir insan oturup hayal kurarken, yatıp uyurken, hatta anesteziyle uyutulmuşken bile farklı konumlardaki beyin bölgelerinin birbiriyle iletişim halinde olduğunu gösteriyor. Beynin varsayılan durumu olarak adlandırılan bu durum, beynin şimdiye kadar fark edilmemiş bir sistemi olan ve beynin varsayılan durum ağı (DMN) olarak adlandırılan sistemin keşfiyle daha iyi anlaşılmaya başladı. Bilinçli hareketlerimizi sinir ağlarının sağladığı kontrol sayesinde gerçekleştirdiğimiz biliniyor ve sinir ağları sinirbilimin en popüler konuları arasında. Ancak dikkatler şimdi belirli eylemlerde bulunurken etkin halde olan ağlardan hiçbir şey yapmadığımız zaman etkin olan DMN'ye çevrilmiş durumda çünkü bu ağın çok önemli işlevler üstlendiği düşünülüyor.

DMN'nin kesin işlevleri hâlâ araştırılıyor olsa da beynin, anıları ve gelecekte olabilecek olaylar için hazırlık gerektiren sistemleri düzenlediği düşünülüyor. DMN, beynin bütün bölümlerinin gerektiğinde harekete geçmek üzere eşgüdümlü olarak hazır durumda olmasını sağlamada önemli bir görev üstleniyor olabilir. Ayrıca eğer DMN beyni bilinçli etkinlikler için hazırlıyorsa DMN'nin işleyişinin bilinçli deneyimin doğasına ilişkin ipuçları sağlayabileceği düşünülüyor. DMN'de oluşacak bozuklukların bazı basit zihinsel hataların ve Alzheimer hastalığından depresyona, karmaşık beyin hastalıklarının arkasında yatan sebep olabileceğini düşündüren bulgular da var.

Karanlık Enerjinin İpuçları

Aslında beynin sürekli etkin halde olabileceği tamamen yeni bir düşünce değil. Bu düşüncenin savunucularından biri, beyindeki elektriksel etkinliği ölçerek dalgalar şeklinde gösteren elektroensefalogram tekniğini geliştiren Hans Berger. Berger, yaptığı ölçümler sırasında gözlemlediği, süreklilik gösteren elektrik sinyallerinden merkezi sinir sisteminin her durumda dikkate değer bir etkinliğe sahip olduğu sonucunu çıkarmıştı. Ancak bu görüşü, sinirbilimde başka görüntüleme teknikleri yaygınlaştıktan sonra bile pek kabul görmemişti. 1970'lerin sonunda glikoz metabolizması, kan akışı ve oksijen alımı ölçümlerinden yola çıkarak sinirsel etkinliği belirleyen PET (pozitron yayılımı tomografisi), 1992'de ise aynı amaçla beyindeki oksijenlenmeyi ölçen fMRI (işlevsel manyetik rezonans görüntülemesi) geliştirildi. Bu teknikler beyin bir işe odaklansa da odaklanmasa da ölçümler yapılmasını mümkün kılıyordu ancak yapılan incelemelerin kurgusu kaçınılmaz olarak beynin belli bir işe odaklanmadığı sürece oldukça pasif bir durumda kaldığı düşüncesinin yerleşmesine yol açtı.



Belli bir işle uğraşmayıp serbestçe düşüncelere daldığımız durumda beynimizde neler oluyor?

Belirli bir algıda ya da davranışta etkin olan beyin bölgelerini saptamaya yönelik deney düzenekleri tasarlamak sinirbilimdeki tipik bir yaklaşım. Bu amaçla hazırlanan en iyi deney kurgusu ise iki durumdaki beyin etkinliğini karşılaştırma şeklinde. Mesela sesli okumada önemli olan beyin bölgelerini bulmak için, kontrol durumu olarak içinden okuma sırasındaki beyin görüntüleriyle test durumu olarak dışından okuma sırasındaki beyin görüntülerini karşılaştırıyorlar. Bu karşılaştırmayı tam olarak yapabilmek için de içinden okuma durumundaki görüntünün sayısal piksel değerlerini sesli okuma durumundakinden çıkarıyorlar, bu çıkarma sonucunda sinyal değeri taşıyan bölgelerin de sesli okuma sırasında etkin hale gelen beyin bölgeleri olduğu kabul ediliyor. Sonuç olarak içsel etkinlik olarak nitelenebilecek her türlü etkinliğe dair bilgi atılmış ya da yok sayılmış oluyor. Bu şekildeki bir yaklaşım da ister istemez beynin belli kısımlarının belli bir davranıştan önce pasifken davranış sırasında etkin hale geldiği görüşünü oluşturuyor.



SPL

Bilinç düzeyinin altında, bilinçli deneyimlerimize bağlam oluşturacak ne gibi olaylar gerçekleşiyor?

Ancak yıllar içinde pek çok araştırma grubu bir insanın hiçbir şey yapmayıp dinlendiği ve düşüncelere daldığı durumdaki beyin etkinliğiyle ilgilenmeye başladı. Bu ilgiyse birtakım gözlemlerden ve bulgulardan elde edilen ipuçlarından kaynaklandı.

Bu ipuçlarından biri, çeşitli beyin görüntüleme teknikleriyle elde edilen görüntülerin çıplak gözle incelenmesi sonucu fark edildi. Görüntüler beynin birçok bölgesinin hem test hem kontrol durumlarında, yani hem belirli bir davranışın olduğu hem de olmadığı durumlarda beynin birçok bölgesinin etkin durumda olduğunu gösteriyor. Zaten bu görüntülerin çıplak gözle karşılaştırılmasının zor olup gelişmiş bilgisayar programları gerektirmesi de bu varsayılan beyin etkinliği yüzünden.

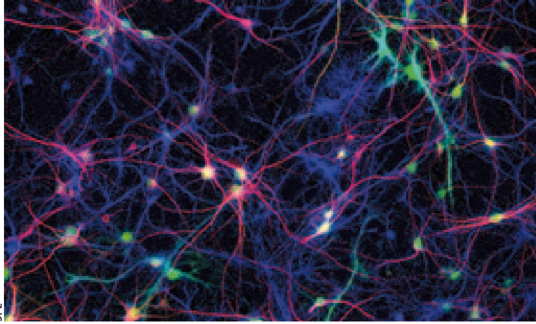
Yapılan bazı incelemeler beynin herhangi bir eylem sırasındaki enerji tüketiminin temel durumundaki enerji tüketimine göre sadece %5'lik bir artış gösterdiğini ortaya koydu. Beyindeki toplam etkinliğin, beynin kullandığı tüm enerjinin %60-%80'ine karşılık gelen büyük bir kısmının herhangi çevresel olaya bağlı olmaksızın gerçekleştiği anlaşıldı. Bu incelemeleri yapan gruplardan birini yöneten ve bu alanda öncü bir sinirbilimci olan Marchus E. Raichle ekibiyle birlikte, astronomide evrenin kütlesinin büyük kısmını temsil eden görünmez enerjiyi ifade eden"karanlık enerji" kavramına gönderme yaparak beynin bu içsel etkinliği için "beynin karanlık enerjisi" kavramını ortaya attı.

Beynin karanlık enerjisinin varlığını destekleyen bir başka durum da duyu organlarının işleyişiyle ilgili. Duyu organlarımızla çevreyi algılarken dışarıdaki uyaranlardan gelen bilginin aslında çok küçük bir kısmı beynin bilgi işleyen bölgelerine ulaşabiliyor. Örneğin gözden, görme korteksine ulaşan görsel bilginin büyük kısmı kayboluyor. Dışarıdaki sınırsız gibi görünen bilginin saniyede ancak 10 milyar bitlik bir kısmı gözün arka kısmında yer alan retinaya ulaşabiliyor. Retinaya bağlı görme sinirinin bir milyon kadar çıkış bağlantısı olduğu için retinadan saniyede sadece altı milyon bitlik bilgi gidebiliyor. Bunun da sadece 10 bin bitlik bir kısmı beyindeki görme korteksine ulaşabiliyor. Daha sonra bu bilgi beynin görme algısını oluşturan bölümlerine geçiyor ve çeşitli işlemler sonucu bilinçli görme algımız oluşuyor. Bu algıyı oluşturan bilgi ise saniyede 100 bitten daha az. Bütün bir beyin hesaba katılınca bunun çok az miktarda bir veri olduğu ve beynin içsel etkinliğinin de bu süreçte rol oynaması gerektiği düşünülüyor.

İçsel etkinliğin bir başka işaretçisi de sinir hücrelerinin bağlantı yerleri olan sinapsların sayısıyla ilgili. Görme korteksinde gelen bilgiyi almak için ayrılmış sinapslar mevcut sinapsların sadece %10'unu oluşturuyor ki bu da kalan kısmının o bölgedeki birtakım içsel bağlantılarda kullanıldığını düşündürüyor.

Beynin Varsayılan Durumunun Anlaşılması

Her ne kadar bir takım ipuçları beynin karanlık enerjisinin varlığına işaret etse de araştırmacıların olayın fizyolojisinin anlaşılması için bulgulara ihtiyacı vardı. Raichle ve ekibinin biraz da şans eseri fark ettiği bir bulgu bir başlangıç noktası oluşturdu. 1990'ların ortalarında, bir insan belirli bir eylemde bulunduğunda bazı beyin bölgelerindeki etkinliğin dinlenme durumuna göre düşüş gösterdiğini fark ettiler. Bu düşüş özellikle mediyal parietal korteks denen bölgenin (beynin ortasına yakın bir yerde bulunan, başka şeylerin yanı sıra yaşamdaki kişisel olayları hatırlamaya yarayan bir bölge) bir kısmında görüldü. Diğer bölgelerse belirli bir eylemi gerçekleştirmek üzere etkin durumdaydı. Daha sonra yapılan araştırmalar bu ve daha başka bölgelerin, beyin belli bir işe odaklanana kadar sürekli etkin durumda olduğunu, işe odaklanma sırasında ise bazı bölgelerde etkinliğin azaldığını gösterdi. Bu bölge için bulunan bulguların benzeri, medial prefrontal korteks (duygusal durumumuzda ve başkalarının ne düşündüğünü hayal etmemizde etkili olan bir bölge) için de bulundu. Bu iki bölge DMN'nin başlıca iki merkezi olarak kabul ediliyor.


SPL

Sinir ağlarının, bilinçli eylemlerimizde olduğu kadar beynin varsayılan durumundaki etkinliğinde de önemli işlevleri olduğu anlaşılıyor.

Bu keşifler sinirbilimde beynin içsel etkinliğine yeni bir bakış getirdi. Daha önce bir sistem olarak düşünülmeyen bu etkinliğin tıpkı görme sisteminde ya da motor sistemde olduğu gibi farklı beyin bölgelerinin iletişimini içerdiği kabul edilmeye başladı.

DMN'ye ilginin artmasıyla bu sistemin işleyişinin anlaşılabilmesi için pek çok araştırma grubu beynin daha önce gürültü olarak nitelenen içsel etkinliğini haritalamaya başladı. Bu içsel etkinliğe ilişkin belirgin motifler uykuda hatta anestezi sırasında bile gözlemlenebiliyor. Bu da bu etkinliğin beynin işlevinin önemli bir yönü olduğunu düşündürüyor.

Yapılan incelemeler DMN'nin beynin içsel etkinliğinin küçük ama önemli bir bölümünü oluşturduğunu ve beyin işlevinin varsayılan durumunun beynin tüm sistemleri için geçerli olduğunu ortaya koydu. DMN'nin işlevi bir orkestra şefininkine benzetiliyor. Şefin bagetini sallaması gibi DMN'nin de bir takım zamanlama sinyalleri vererek farklı beyin bölgeleri arasında etkinliklerin eşgüdümünü sağladığı düşünülüyor. Bu sinyallerin verilmesi - örneğin korteksin görme ve işitme bölgeleri arasında- muhtemelen, bütün beyin bölgelerinin bir uyarana uyum içinde tepki vermek üzere hazır bulunmasını temin ediyor.

Bilinç ve Hastalıklar

DMN'nin etkinliğindeki alçalma ve yükselmelerin beynin en gizemli yönlerinden bazılarına ışık tutabileceği düşünülüyor. Şimdiden bilinçli eylemlerin çok önemli bir yönü olan dikkatin doğasına ilişkin bir takım ipuçları sağlamış durumda. 2008'de yapılan bir araştırmada DMN etkinliği takip edilerek bir kişinin bir bilgisayar testinde hata yapacağının 30 saniye önce anlaşılabildiği bildirildi. DMN'nin yani varsayılan durum ağının etkinliği, dikkatin toplanmasında görev alan bölgenin etkinliğine baskın çıkınca hata oluşuyor.

Beynin karanlık enerjisinin ilerleyen yıllarda bilinçliliğin doğası hakkında da ipuçları sağlaması umuluyor. Sinirbilimcilerin çoğu, bilinçli etkileşimlerimizin beynimizdeki etkinliğin çok küçük bir kısmını oluşturduğu konusunda hemfikir. Bilinç düzeyinin altında, karanlık enerji de dâhil olmak üzere bilinçli deneyimlerimize bağlam oluşturacak ne gibi olayların gerçekleştiği merak konusu.

Beynin karanlık enerjisine yönelik araştırmaların belli başlı sinir hastalıklarının anlaşılmasına da katkı sağlayacağı düşünülüyor. Hatta bu tür araştırmalar şimdiden bazı hastalıklara ışık tutmaya başlamış. Alzheimer, depresyon, otizm ve şizofreni hastalarında yapılan beyin görüntüleme çalışmaları, bu hastaların DMN bölgelerindeki beyin hücrelerinin bağlantılarında sağlıklı kişilerinkilere göre farklılıklar olduğunu yönünde bulgular ortaya koyuyor. Alzheimer'dan etkilenen beyin bölgeleri, DMN'yi oluşturan bölgelerin haritasıyla birebir uyum gösteriyor. Bu tür belirlemeler sadece hastalıkların tanısında kullanılmakla kalmayıp hastalığın sebeplerinin anlaşılmasına ve tedavi stratejileri geliştirilmesine de katkı sağlayabilir.

Görünüşe göre sinirbilimcileri heyecan verici bir keşif alanı bekliyor. Sinirsel karanlık enerjinin sırlarının çözülmesi belki de günün birinde bizi biz yapan şeyin özünü ortaya çıkaracak.

Kaynaklar
Raichle M., E., The Brain's Dark Energy, *Scientific American*, Volume:302, Issue:3, 44-49, 2010
Fox M., D., Raichle M., E., Spontaneous fluctuations in brain activity observed with functional magnetic resonance imaging, *Nature Reviews Neuroscience* 8, 700-711, 2007
Raichle M., E., Review-Two views of brain function, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 14, No. 4, 2010

Bülent Gözcelioğlu

Dr, Biyolog, Uzman,
TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Birileri Yabani Türleri Gözetliyor

Fotokapan

Soyu tehlike altındaki türlerin incelenmesi gibi yaban hayatı araştırmaları, her yönden zor olan araştırma konularıdır. Bu zorluk hem araştırmacı hem de üzerinde araştırma yapılması gereken türler için geçerlidir. Araştırmacının güvenli ve tam sonuçlar elde etmek için çok sayıda veri (birey sayısı, ölçüm, vb) toplaması, bunu yaparken de araştırdığı türün bireylerinin yaşamını tehlikeye atacak bir şey yapmaması gerekir. Özellikle ayı, kurt, vaşak, porsuk vb gibi memeli hayvan türlerinin incelenmesindeki zorluklar araştırmacının çok dikkatli çalışmasını ve bu canlıları hiçbir biçimde rahatsız etmemesini gerektirir. Bu türlerin yaşamıyla ilgili araştırmalarda arazide yakın gözlem yapma, dışkı örnekleri alma, uyuşturucu iğne yoluyla bayıltma gibi yöntemler kullanılıyor. Bunların yanında yaban hayvanını rahatsız etmeden uygulanabilen fotokapan sistemi var.

>>>

Fotokapan, hayvanların otomatik olarak fotoğraflarını çekme işlemi. Sistemin mekanizması oldukça basit. Bunun için bir kutuya yerleştirilen fotoğraf makinesini arazide hayvanların geçiş yolu üzerinde bir yere konumlandırmak gerekiyor. Fotokapanlarda iki farklı çalışma sistemi var. Birinci çalışma sisteminde ısıya ve harekete karşı duyarlı bir algılayıcı bulunur. Algılayıcının duyarlı olduğu bölgeye giren canlı fotoğraf makinesini aktif hale getirir ve makine fotoğraf çeker. Diğer sistemdeyse gözle görülmeyen kızılaltı ışınlar kullanılarak görüntü alınır. Bu sistemde fotokapanın karşısında ışınları geri yansıtan bir düzenek daha bulunur. Fotokapanla bu düzenek arasında kızılaltı ışın vardır. Bu ışın herhangi bir canlı tarafından kesildiğinde sistem aktifleşir ve makine fotoğraf çekmeye başlar.

Fotokapan aslında çok yeni bir yöntem değil. Yıllardan beri ilgili araştırmalarda gözlenen canlıyla ilgili kayıt tutmak için kullanılıyor. İlk fotokapan çalışmalarında çok sayıda sorunla karşılaşılmış. Kullanılan pillerin uzun ömürlü olmaması, flaşların yeterli gelmemesi, hayvanların makineye zarar vermeleri, aletlerin çok hassas olması nedeniyle çok sayıda boş çekim yapılması gibi nedenler fotokapan çalışmalarının başlıca zorluklarıymış. Ayrıca o dönemlerde dijital makineler yerine filmli makineler kullanıldığı, çekim sayısının(film adedi) az olduğu için görüntü elde etmek çok zormuş. Ancak son yıllarda bu yöntemle yapılan çalışmalar yaygınlaşarak verilerin miktarı arttı. Bu artışta dijital fotoğraf makinelerindeki gelişmenin de önemli katkısı oldu. Özellikle bellek kartlarının yüksek kapasitesi sayesinde artık gözlemlenen türün yüzlerce görüntüsü elde edilebiliyor.

Fotokapan çalışmaları teoride basit gibi görünse de uygulamada durum pek böyle değil. Uygulamadaki zorluklar hakkında Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden Doç. Dr. Zafer Ayaş'tan bazı bilgiler aldık. Ayaş ve ekibi araştırmalarını T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'yle işbirliği içinde gerçekleştiriyor. Bunun için kendi fotokapanları yanında Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'ne ait fotokapanları da kullanıyorlar. Ekip, araştırmalarını daha çok Ankara'daki Soğuksu Milli Parkı, Çamkoru Tabiat Parkı ve Nallıhan Kuş Cenneti'nde gerçekleştiriyor. Çalışmalara, her bilimsel araştırmada olduğu gibi, planlama yapılarak başlanıyor. Bunun için en az bir ay öncesinden fotokapan yerleştirilecek bölgeler ve noktalarla ilgili ön saha çalışması yapılıyor. Ön saha çalışmalarında, fotokapanın konacağı noktalar için harita çalışması yapılır. Bunun için genel olarak, hayvan türlerine ait ayak izi, dışkı ya da diğer izlerin (yuva, av kalıntıları vb) bulunduğu alanlar ve hayvanların kullandıkları patikalar belirlenerek harita üzerinde işaretleme yapılır. Sonra fotokapanlar ağaçlara ya da kalın gövdeli çalılara yerden 20-50 cm arası yükseklikte (hedeflenen türe göre) olacak şekilde yerleştirilir. Fotokapanların doğrudan güneş ışığına maruz kalarak zarar görmelerini engellemek için kuzey-güney doğrultusunda yerleştirilmesi daha uygundur. Daha çok görüntü almak için birden fazla fotokapan kullanılır. Fotokapanlar arasındaki mesafeler görüntü alınacak türe göre değişir. Her türün kendine göre belirli bir dolanma/gezme (yurt büyüklüğü) alanı vardır. Buna göre fotokapanlar arasındaki mesafe, hedef türün yurt büyüklüğünden küçük olursa, aynı bireylerin fotokapanlar tarafından tekrar çekebilmesi, dolayısıyla veri tekrarı gerçekleşebilir. Diğer yandan fotokapanlar arasındaki mesafe çok büyük olursa, çalışma alanındaki mevcut hedef türlerin hepsi görüntülenemeyebilir. Birden fazla türün görüntülenmesi isteniyorsa, fotokapanlar küçük dolanma alanına sahip tür dikkate alınarak yerleştirilir (bu mesafe genellikle 1-2 km arasında olur). Fotokapanlar yerleştirildikten sonra belirli aralıklarla kontrol edilir. Kontroller sırasında pilleri değiştirilir ve bellek kartları boşaltılır. Elde edilen görüntülerde tür, tarih, saat gibi veriler kayıt edilir. Bu veriler, alanda hangi türlerin bulunduğunu ve bunların çoğunlukla hangi bitki topluluklarını tercih ettiklerini belirlemek, türlerin görece ya da kesin popülasyon yoğunluklarını (üzerinde birey ayrımında kullanılabilecek desenler olan türler için) belirlemek ve türlerin aktif zamanlarını ortaya çıkarmak için kullanılır. Fotokapanlarla kış mevsiminde çalışma yapılıyorsa kar yağışı nedeniyle fotokapanların yer seviyesi değişebilir, bu nedenle görüş açıları daraldığı, hatta karla kapandığı için daha sık kontrol edilmeleri gerekir.

Araştırmacılar, fotokapan çalışmalarında fotoğraf kalitesinin ve çözünürlüğünün çok önemli olmadığını, sadece türün tanınabilecek kadar görüntüsünün alınabilmesinin yeterli olduğunu söylüyorlar. Dijital çekimlerde çözünürlüğü düşük tutarak bellek kartının çok sayıda fotoğraf almasını sağladıklarını da ekliyorlar.



Gece beslenmeye çıkmış yabani tavşan (*Lepus europaeus*)



Fotokapan çalışmalarının zor bir yönü de makinelerin çalınma olasılığının olması. Bunun için fotokapan zincirle kilitlenir. Diğer yandan yabani hayvanlar da fotokapana zarar verebilir.

Eskiden doğa fotoğrafçıları yabani ve az görülen bir türün fotoğrafını çekince çok önemli bir olay olurdu ve o fotoğraflar bilimsel kayıt olarak kullanılırdı. Gerçekten de doğa fotoğrafçılarının nadir görünen türlerin görüntülerini almak için hayvanın bulunduğu ortamda günlerce kalmaları gerekirdi. Fotokapan yöntemiyle, görüntüsü alınmak istenen tür için günlerce arazide kalma(ya) zorunluluğu/ gerek yok.

Ülkemizde yaban hayatı araştırmalarında fotokapan yöntemini kullanan araştırıcı sayımız çok değil. Hacettepe Üniversitesi dışında ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (Akdeniz foku için), ODTÜ Biyoçeşitlilik ve Koruma Laboratuvarı ve Doğa Derneği bünyesinde memeli türleri için fotokapanla bilimsel araştırmalar yürütülüyor.

Fotokapan yöntemiyle genelde memeli hayvanlar üzerine araştırmalar yapılıyor. Ayaş ve ekibi, kurt, boz ayı, çakal, vaşak, kızıl tilki, porsuk, yaban domuzu, kızıl geyik, yaban tavşanı gibi memeli türlerini fotokapanla görüntülemiş. Bu hayvanların ve fotokapan çalışması yapılabilecek diğer büyük memelilerin ortak özelliği, yaşamak için çok geniş alanlara ihtiyaç duyması. Bu durum fotokapan çalışmalarının en zor yanını oluşturuyor. Dolayısıyla fotokapan yerleştirilecek yerleri iyi belirlemek gerekiyor. Çok sayıda fotokapan yerleştirmek avantaj sağlıyor. Ancak fotokapanlar hâlâ pahalı sistemler (her biri 1000-5000 USD) olduğundan araştırmalarda belirli sayılarda fotokapan kullanılabiliyor.



Fotokapanlarda uzun dayanıklılık süresi/uzun ömürlü olan pillerin kullanılması daha uygundur. Sıcak mevsimlerde kartlardaki resimleri kontrol etmek ve gerekiyorsa pilleri değiştirmek için ayda en az bir kere, soğuk mevsimlerde ise 2-3 haftada bir pil ve bellek kartlarının kontrol edilmesi gerekiyor.

Büyük memeliler, popülasyonlarının belirlenmesi ve izlenmesi yönünden araştırılması en zor canlı grubu olarak kabul edilir. Etobur türler genellikle gece aktiftirler, popülasyon yoğunlukları azdır ve dolanma alanları çok geniştir. Gündüz aktif olanları bile gözlemek, insan varlığını çok önceden fark edip kaçmaları nedeniyle, çok zordur. Birçoğu, saklanma davranışı gösterir ve yaşam alanlarına ulaşılması zordur. Sayılarının giderek azalması ve popülasyon büyüklüklerinin küçük olması da araştırma yapmayı zorlaştırır. Bunlardan dolayı bu canlılarla yapılan ekolojik çalışmalarda fotokapan yöntemi sık kullanılır.

Fotokapan, başlangıçta yüksek maliyetli olsa da arazi koşullarından etkilenmemesi, her türlü hava koşulunda çalışması ve araştırmacıların çalışma boyunca alanda sürekli kalma gerekliliğini ortadan kaldırması, dolayısıyla daha az personel gerektirmesi nedeniyle uzun vadede daha ekonomik bir yöntemdir. Ayrıca bilimsel anlamda kesin veriler elde edilmesini sağlayarak hata oranını çok azaltır. Fotokapan yönteminin en önemli yanlarından biri

Gece avlanmaya çıkmış bir vaşak (*Lynx lynx*) üstte, sabah saatlerinde beslenmeye çıkmış bir kızılgeyik (*Cervus elaphus*) altta.

de canlıları rahatsız etmeden bilgi toplanabilmesini sağlaması. Çalışma sonucunda elde edilen fotoğraflar o alandan geçen hayvanların bir kaydı olduğu için standart memeli tuzaklarından elde edilen verilere uygulanabilen istatistikler için de uygundur.

Fotokapan genellikle zor görüntülenen ve hiç ortaya çıkmayan hayvanlar için kullanılır. Aynı zamanda hayvanlar doğal davranışlarını stres altına girmeden gösterdiklerinden çok daha gerçek bilgiler elde edilebilir. Fotokapan yöntemiyle bir alandaki türlerin kesin varlığı belirlenebilir, izleme programları kapsamındaki "var-yok" çalışmaları ve habitat modelleme çalışmaları yapılabilir. Ayrıca araştırma yapılan türlerin alandaki dağılımları ve tür-yaşam alanı ilişkileri ortaya konabilir. Türlerin popülasyon yoğunlukları, alandaki sayısı, çalışılan türlerin göreceli yoğunlukları ve alandaki tür çeşitliliği çıkarılabilir. Ayrıca izleme programları ve popülasyon çalışmaları kapsamında çalışma alanının ne kadarının çalışılan tür tarafından kullanıldığı da belirlenebilir.

Fotokapanlarla yaşadığı bilinen ancak doğal ortamında görüntülenemeyen ve hakkında çok az şey bilinen yaban hayvanlarıyla ilgili çok sayıda bilgi edinilir. Yaban hayvanlarının yaşamlarına ilişkin ne kadar çok bilgi elde edilirse onları koruma konusunda o kadar iyi programlar yapılabilir.



Fotokapanlarla orada gerçekten bulunuyormuş gibi fotoğraflar çekmek mümkün. Fotokapanlarla tarih, saat ve tam koordinatlarla hayvanların fotoğrafı çekilebilir.

Fotoğraflar: Burak Akbaba

Kaynaklar

Breitenmoser., U., ve diğerleri 2006., Guidelines for the Monitoring of Lynx., for the Workshop on the Conservation and Monitoring of the Balkan lynx (https://www.kora.ch/pdf/reports/rep33e.pdf)

http://www.michaelnicknichols.com/article/camera_traps/

Kemal Sayar

Prof. Dr., Fatih Üniversitesi Psikoloji Bölümü



Proje Çocuklarla Nereye Kadar?...

Günümüzde anne babalar çocukları daha 8 aylıkken onlara uygun programlar oluşturmaya başlıyor. Buna "aşırı anne babalık" adı veriliyor, her türlü programla zamanı tıka basa doldurulan proje çocuğa da "aşırı programlanmış" çocuk deniyor. Aşırı kaygılı anne babalık, çocukları günümüzde giderek daha fazla mutsuz kılıyor. Kimi anne babalar kendi eksikliklerini çocuklarında tamamlamaya çalışıyor, kimileri de her yönden başarılı, on parmağında on marifet olan çocuklar hedefliyor. Bu yüzden çocuklar daha küçük yaştayken birden fazla spor ya da müzik dalıyla ilgilenmeye başlıyor, ancak anne babalar çocuklarını bu dallara yönlendirirken çocukların isteklerini ve yeteneklerini göz ardı edebiliyor.



Televizyonun ve medyanın bu kadar etkin olmadığı dönemlerde insanlar daha olumlu ilişkiler kurabiliyordu. Anne baba ve çocuk, büyükanne, büyükbaba ve diğer akrabalarla daha çok iletişim halindeydi. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte her şey hızlandı, bu sayede işlerimizi çabucak halledebilir olduk, ama kendimizin ve yetiştirdiğimiz neslin sevgi, saygı ve bağlılık gibi kavramlarla ilişkisi zayıfladı, diğer bireylerle iletişimimiz olumsuz yönde etkilendi.

Günümüzde anne adayları daha hamile kalmadan önce ilaçlar, vitaminler içmeye başlıyor. Hamilelik esnasında çocuğun gelişimine uygun diyetler uygulanıyor. Anne karnındaki bebek hissettiği için klasik müzik dinleniyor. Anne babalar, bebek için önemli olan ne ise, hangi etken bebeği daha sağlıklı kılacaksa onu uyguluyor. Kısacası doğacak bebek hayata mükemmel olarak hazırlanmak isteniyor. Bu kadar uğraş çocukların hayatta sağlıklı, akıllı, başarılı ve kariyer sahibi bireyler olabilmesi için veriliyor. Ne var ki hayatta mükemmel olan bir şey yok. Çocuklar da anne babalar da hiçbir zaman mükemmel olamaz. Çünkü hayatta insanların karşısına her şey çıkabilir. Bu tip hazırlıklar gereklidir, ama yeterli değildir. Doğumdan sonrası da en az öncesi kadar önemlidir. Hazırlıklar yapılır, önlemler alınırken hayatta mükemmel diye bir şey olmadığı, önemli olanın mevcut koşulları en iyi şekilde değerlendirmek olduğu daima akılda tutulmalı, tüm planlar buna göre yapılmalı ve uygulanmalıdır ki anne baba ve çocuk hayatlarını sürdürürken en düşük seviyede yıpransınlar.



Çocuklarının her şeye sahip olmasını isteyen anne babalar çoğu zaman şartlarını zorlayarak çocuklarına türlü olanaklar yaratır; böylece çocuklarının sağlıklı, mutlu, başarılı ve uzun bir ömür süreceğini düşünür. Bu düşüncenin aksine hiç bir çocuğun fiziksel, zihinsel gelişimi, güzel, uzun bir hayat geçirmesi pahalı oyuncaklara, en yeni ürünlere doğrudan bağlı değildir. Bunca tüketim yerine çocukla geçirilen vakit, beraber yenen yemekler, çocuğa öğretilen değerler, aktarılan kültür ve birlikte oynanan oyunlar çocuğun gelişiminin en üst düzeyde olmasını sağlar. Çok fazla olanak sağlanan çocuklar ise genelde gerektiği gibi gelişemez ve ileride şımarık ve memnuniyetsiz yetişkinler olabilir.

Her bireyin kendine zaman ayırmaya ihtiyacı vardır. Çocukların ve çevredekilerin isteklerine gereğinden fazla yoğunlaşmak, kendini ve eşini görmezden gelmek, çocukların hayatını kusursuz bir şekilde devam ettirmeye çalışmak, çocuklara verdiği kadar anne babaya da zarar verir. Önemli olan bir denge kurmaktır. Anne ve babanın kendilerine zaman ayırması, birlikte bir aktivite yapmaları bile kendilerine olan güvenlerini tazelemelerini, rahat bir nefes almalarını sağlayacaktır. Kendilerine zaman tanıyan anne babalar çocuklarına da zaman tanımış olur.

Hedef çocuklara her şeyi hazır vermek değil, kendi ayakları üzerinde durmayı öğretmek olmalıdır. Çocuklar, dış dünya ile karşılaştıklarında, kendi ayakları üzerinde durabilecek, zorluklardan güçlenerek çıkabilecek şekilde yetiştirilmelidir. Çocuk ailesinde tartış-

malar olabileceğini, sorunların zaman zaman öfkelenerek, üzülerek de olsa konuşarak, saygı çerçevesi içerisinde çözülebileceğini görmelidir. Ailedeki problemler saklanırsa, çocuk ileride bir sorunla karşılaştığında bu sorunun üstesinden nasıl en sağlıklı şekilde geleceğini bilemez. Gerekirse uzmanlardan destek almak bu noktada önemlidir. Burada bilinmesi gereken, uzmanların size önerilerde bulunabileceği ancak ev içine müdahale edemeyeceği gerçeğidir. Çocuğu en iyi tanıyanlar anne ve babadır. Karşısındakinin ne istediğini çok iyi anlayan, onunla iletişim kurabilen kişiler kendisinin ve ailesinin uzmanı olabilir.

Anne babaların her şeyi kontrol altında tutamayacaklarının farkında olması gerekir. Çocuklarının hayatlarındaki her şeyi kontrol altına almaya çalışırlarsa, çocuklar ileride kendi sorunlarıyla baş edemeyen bireyler olur. Bu yüzden çocuklar biraz büyümeye başladığında kendi hayatlarının sorumluluğunu almaya başlamaları gerekir. Tabii ki bu anne babaların gözetimi altında olmalıdır. Örneğin, ödevini kendisi yapmak yerine, annesine ya da babasına yaptıran bir çocuk derslerinde başarılı olamaz. Anne babalar belki çocukları kırık not almasın diye bunu yapar, ama bu tutum çocuğun ilerde sorumluluklarını üstlenmemesine yol açacaktır.

Anne babaların çoğu, bir şeyi çok istedikleri ve bunun için çok çalıştıkları zaman istedikleri her şeye sahip olabileceklerini düşünür. Bu çocukları için istedikleri şeyler için de geçerlidir. Çocukları için istediklerini gerçekleştirmek üzere çok çalışırlar. Böylece çocuklar da gerçekte kim olduklarını anlayamadan, anne babalarının istekleri doğrultusunda şekillenir.

Aslında günümüz insanı "kontrol" odaklıdır. Kontrol edemediği, öngöremediği durumlara karşı tahammülü azalmıştır, çünkü bilim ve teknoloji her geçen gün daha da ilerlemekte ve günlük hayatımızın içine girmektedir. Zamanımızın felsefesi şu: "Sen gerekeni zamanında yap, isteklerinin gerçekleşmemesi için hiçbir sebep yok". Böyle olunca yenilgilere, zayıflıklara, yaşlanmaya, kontrol altına alamadığımız olgulara tahammülümüz azalmıştır; bu bireylerin nasıl anne babalar olduklarına da yansır.

Çocukların anlamlı ve dolu bir yaşama sahip olmaları için gerekli olan şey onlara bir ideal kazandırmaya çalışmaktır, çünkü ideali olan bir insan vatana, millete, insanlığa zaten faydalı olacaktır. Kendinden emin bir birey olmak ancak bir ideale sahip olmakla mümkündür.

Çocukların ailelerinden öğrenmesi gereken öncelikli kavramlar daha çok ahlaki ve insani değerlerdir. Somut kavramların çoğu bilimsel içerikli kitaplardan, gazetelerden, dergilerden öğrenilip öğretilebilir, fakat çocuklar asıl öğrenmeleri gereken soyut kavramları ancak önlerindeki modeller sayesinde içselleştirip özümseyebilir. Çünkü soyut kavramlar ucu açık, her topluma, her kültüre göre değişiklik gösteren kavramlardır. Bu kavramlar çocuklara kazandırılırken kendileri ve toplum için en verimli sonuçları doğuracak yolların da gösterilmesi gerekir.

Hangimiz çocukken özgürce dışarıda, açık alanlarda, evlerimizin bahçelerinde oyun oynamanın tadını unuttuk? Ama çocuklarımız sosyal, duygusal ve bilişsel alanlardaki gelişimlerine katkıda bulunacak bu etkinliklerden tamamen uzakta büyüyor. Çocuk dışarıdayken, anne babasının gözetiminden uzakta, gerektiğinde risk alarak, keşfederek ve karşılaştığı sorunlara kendi başına çözümler bulmaya çalışarak büyür. Tabii çocuğun arkadaşlarının ve yaşanılan çevrenin önemini belirtmeden geçemeyiz.

İnsan ilişkilerinden beklentisi olmayan, güvenlik ve kontrol saplantısı olan kültürlerin, çocuk gelişimi üzerindeki olumsuz etkisi kaygı verici. Günümüzde çocuklar evlere hapsolmuş, kendi oyunlarını kuracak üretkenliği olmayan, pasif ve ilgisiz varlıklar haline geldi. Hayal güçleri erken yaşta tanıştıkları ve hayatlarının doğal bir parçası olan televizyonla ve bilgisayar oyunları ile işgal edilmiş halde. Ayrıca televizyondaki reklamlar sayesinde ticari birer figür olarak algılanıyor, filmler sayesinde kaba kuvvete teşvik ediliyor ve bazı sorumsuz yayınlar sayesinde de travmalar yaşayabiliyorlar. Asıl önemli olan nokta ise tüm bunların tekrar tekrar yaşanıyor olması.

Birçok yazar kendi çocukluğuna duyduğu özlemi nostaljik bir şekilde kitaplarında ifade ederken şimdiki çocukların yaşamlarına ait değişimleri de sorguluyor. Bazıları modernleşmeye ilişkin endişeler taşırken bazı yazarlar kibirli, inatçı, "materyalist" ebeveynleri suçluyor.

Uzmanlar çocukların zihinsel sağlığının da dikkate değer ölçüde bozulduğunu ifade ediyor. UNICEF gibi kurumlar bu konuda alarm vermiş durumda. Daha yakından bakıldığında çocukların sadece çok mutsuz değil stresli olduğu da görülüyor. Çocukların davranış normlarını ve toplumun değerlerini öğrenmeleri ve özümseyebilmeleri için yetişkin rol modelleri gerekli. Ebeveynleriyle gerektiği kadar zaman geçirmeyen çocuklar, doğal olarak nasıl davranmaları gerektiğini de öğrenemiyor. Bazı temel değerlerin içselleştirilmesi de ancak kaliteli bir iletişim ve tutarlı bir yaklaşım ile mümkün.

2006 yılının Eylül ayında bir grup uzman, "modern hayat çocuklarda daha fazla depresyona yol açıyor" başlığı altında ortak bir bildiri yayımladı. Bu uzmanlara göre çocuklar "çöplük" haline gelmiş global kültür yüzünden zarar görüyor. Modern hayat gelişmeleri için gerekli şeyleri sunmuyor. Örneğin hazır yemekler, oyunlar, ekrana bağlı eğlence, onlara hayatı birinci elden yaşama ve deneyim elde etme şansı tanımıyor.

Günümüzde bazı ebeveynler eşyaları, ilişkilerden daha çok önemseyebiliyor. Her zaman son nesil çocukların bir önceki nesilden daha zor olduğu söylenir. Aslında asıl önemli olan çocukların yaşamlarını etkileyen sorunların tam olarak ne olduğunu belirleyebilmektir. UNICEF'in yaptığı çalışma çocuk mutluluğunu ilk kez altı farklı alanda inceledi . Bu alanlar maddi, sağlık, güvenlik, eğitim, arkadaş ve aile ilişkileri olarak sıralanıyordu. Yapılan araştırmalarda Avrupa'da gençliği en zor durumdaki ülkenin İngiltere olduğu bulundu. Araştırmaya göre 15 yaşındaki gençlerde alkol kullanımı, kavgaya dahil olma ve uygunsuz cinsellik en çok İngiltere'de görülüyor. Uzmanlar bunun nedeninin gençlerin aileleriyle ilişkilerinin kopuk olmasına bağlıyor.

Uluslararası sağlık kuruluşları gençlerin ruh sağlığı hakkında da kaygılı ve doğru adımlar atılmazsa gençleri patlamaya hazır bir bombadan farksız bir gelecek beklediğini vurguluyor. 1991-2001 yılları arasında İngiltere'de gençler arasında kendine zarar verme ve yeme bozukluğu gibi davranış

bozukluklarının %70 arttığı gözlemlendi. Bu ürkütücü bir sonuç.

Mutsuzluk, belirli bir oranda, çocukların doğadan ayrı düşmesinden kaynaklanıyor. Halbuki çocuklar, dışarıda doğayla baş başa kalarak, oyunlar sayesinde yeni keşifler yaparak, çıplak elle çekirge yakalayıp, ağaçlara tırmanarak, düşüp kalkarak, hayal dünyalarını çok geliştirebilirler. Ama artık günümüzde çocuklara dış dünyayı keşfetmeleri için daha az özgürlük veriliyor. Şüphesiz yanlarında büyükleri olmadan sokakta ya da parklarda oynamaları artık riskli. Araştırmalar son 30 senede çocukların sokakta bağımsız şekilde vakit geçirme oranlarının büyük ölçüde azaldığını gösteriyor. Örneğin 1971'de İngiltere'deki 7-8 yaş grubu çocukların %80'i okula kendi başlarına giderken, 1990'da bu oran %9'a düşmüş. Aynı eğilim ABD'de de görülüyor. Yapılan araştırma sonuçlarına göre annelerin %70'i çocukken hergün dışarıda oyun oynamışken, onların çocuklarının sadece %30'u günümüzde dışarıda oyun oynuyor.

Çocukların sokakta geçirdiği zaman azalırken, ebeveynler tarafından yapılandırılan ve kontrol altına alınan oyunların oynandığı boş zamanlar artıyor. Günümüzde çocukların yaşamlarındaki neredeyse tüm alanlar uzmanların ya da yetişkinlerin kontrolu ve müdahalesi altında. Çocukların güvenliği ve gelişimi için aşırı endişeli anne ve babalar, çocuklarının tüm etkinliklerini takip etmek ve çocuklarının da bu etkinliklerde en üstün başarıyı elde etmesini istiyorlar.

David Elkind'e göre Amerika'da son on yıl içinde çocukların bir hafta içindeki boş zamanları 12 saat azalmışken, organize edilmiş spor programlarının süresi iki katına çıkmış. Çocuğun istekleri de göz önünde bulundurularak boş vakitlerin nasıl geçirileceğini hep beraber planlamak yerine, çocuğun anne baba tarafından yapılan programa uyması bekleniyor. Bu da çocukların keşfetmeyi ve risk almayı öğrenmesini engelliyor.

Yeni doğanların hayatları bile daha en baştan, bazen takıntılı diye bile nitelendirilebilecek anne babalar tarafından programlanıyor. Bebekler için hazırlanan eğitim-öğretim programları sektörünün çok genişlemiş olması bize bunu gösteriyor. Bu tür programların bebekleri bilişsel açıdan geliştirdiği düşüncesi aslında yanlış anlaşılıyor; çünkü zaten bebekler ve erken dönem çocuklarda zihinsel gelişim hızı en üst düzeydedir. İş sadece bu tarz programların ve oyuncak setlerinin satın alınmasıyla da bitmiyor; ABD'de anaokulu öncesi çocuklara haftada 30 dakikalık dersler veren kurumlar var. Bu kurumlarda çocuklara kelimeler ezberletilip üzerine kelime yazılı kartlarla alıştırma yaptırılıyor. Bilim adamları, o yaşta üzerine kelime yazılı kartları tanımanın okuma sayesinde olmadığını ve güvercinlerin bile bunu yapabileceğini belirtiyor.

Ebeveynler, çocuklarını sorumluluk ve inisiyatif alma konusunda cesaretlendirmiyor. Kendilerinden onay almadan hiç bir işe başlamalarını istemiyorlar. Çocuklar büyümeleri için gereken hamleleri yapamıyor. Bunun nedeni de ebeveynlerin çocuklarının -uzmanlar ve popüler akımlar tarafından da desteklenen- çok kırılgan olduğu inancı. Bunun sonucunda bazı çocuklar hayatları boyunca psikolojik, sosyal ve duygusal tehditlerle yeterince baş edemiyor. "Proje çocuklar" hayatın gerçekleri karşısında tuzla buz oluveriyor.

Yapılan bir araştırma yetişkinlerin, çocukları yanlarında bir yetişkin olmadan dışarı çıkarlarsa kaçırılacakları endişesini yaşadığını ve sokağı tehlikeli bulduğunu ortaya koydu. Tabii ki böyle bir risk her zaman var. Tehdidin farkında olalım, ancak bunun çocuklarımızın özgürlük alanını çok fazla kısıtlamasına da izin vermeyelim.

11-14 yaşları arasındaki gençlerle yapılan bir araştırmanın sonucuna göre gençlerin zaman geçirmeyi en sevdiği yerlerin başında arkadaşlarının evleri geliyor. Daha sonra merkezi caddeler, kafeler, parklar ve alışveriş merkezleri geliyor. Bu alanların çoğu güvenlik görevlileri olan, kendilerini güvende hissettikleri yerler. Fakat gençlerin bir kısmı da anne babalarının kontrolünden uzak, özgür olabilecekleri yerleri, örneğin terk edilmiş binaları, tünelleri tercih ediyor.

Gelişen teknoloji sayesinde yuva ve bakım evlerinde çocuklarını izleyen ebeveynler, ilerleyen senelerde "koruma" niyetiyle ergen yaştaki çocuklarının özel hayatına da aşırı müdahale edebiliyor. 2007'de yapılan bir araştırma, İngiltere'deki ailelerin yarısının, çocuklarının internetteki hareketlerini izlemek için ajan sitelerden destek aldığını gösteriyor. Çocuklarımızı tehlikelerden korumaya çalışırken, bireysel alanlarının sınırlarını aşmamaya, özel hayatlarına müdahale etmemeye de özen göstermemiz gerekir.

Psikolog David Elkind çocukların yetişkin organizasyonu olmadan da güvenli bir şekilde oyun oynayabileceğini ve anne babaların risksiz oyunlar için ısrarcı olmaması gerektiğini söylüyor. Çünkü ileride karşılaşacakları sorunlarla baş etmeyi öğrenebilmeleri için çocukların zorluklarla karşılaşıp onlarla başa çıkmayı öğrenmesi gerekir.

Anne babalar çoğunlukla ebeveyn olmanın dünyanın en zor işlerinden biri olduğunu söyler. Peki nasıl bazı anne babalar ebeveynlik işini yüzlerine gözlerine bulaştırmıyor? Acaba gercekten de hiç zorlanmıyorlar mı, hiç yılmıyorlar mı?

Bebekliğin ilk senelerinin çocuğun gelişimi açısından çok önemli olduğunu hemen hemen herkes bilir. Sue Gerhardt 2004 tarihli *Why Love Matters: How Affection Shapes a Baby's Brain* adlı kitabında "zor bebek" diye bir şey olmadığını aksine "zor ebeveyn" olduğunu ifade eder. Zor ebeveynleri ise "ihmalkâr" ve "çok müdaheleci" ebeveynler olarak ikiye ayırır. Ebeveyn ihmalkârlığıyla gelişen bir bebeğin ileride problemli bir birey olacağını vurgulayan Gerhardt, böyle bireylerin depresyona, bağımlılığa ve anoreksia gibi ciddi hastalıklara yatkınlığının da arttığını belirtmiştir. Gerhardt, bu durumu kaos kuramına benzetir. Ona göre, başlangıçta küçük görünen farklılıkların etkileri çok büyük olabilir. Son dönem terapi tekniklerinde, çocuklukta ve gençlikte yaşananların yetişkinlikte yeniden anlamlandırılması teşvik edilmektedir. Böylece kişinin kendisi ve dış dünya ile ilgili temel bakış açıları bir uzmanın rehberliğinde daha işlevsel ve verimli olarak kullanılabilir bir hale getirilebilir. Yeniden adlandırmanın gerçekleşebilmesi için kişinin böyle bir isteğinin olması ve belli bir farkındalık düzeyine sahip olması gerekir.

Çocukluğun ilk üç yılı, ilerideki davranış modellerinin temelini oluşturur. Bu kadar kısa bir zamanın doğru kullanılması sayesinde, sağlam temelli bir duygusal, zihinsel ve sosyal dünyaya sahip olunabilir.

Son araştırmalar sinirbilimin beynin gelişimine etkisi hakkında önemli adımlar atmıştır. Bilindiği üzere bebeğin ilk yıllarında sınırsız nöral yollar güçlü köprüler kurar, bu süreci budanma süreci takip eder. Yani bazı işe yaramaz köprü ve bağlantılar budanıp atılarak, yola daha işlek köprü ve bağlantılarla devam edilir. Fakat sinirbilim sinaps bağlantıların yaşadığımız deneyimlerle nasıl şekillendiğini hâlâ tam olarak açıklayamamaktadır.

Anne ve babalar yeni deneyimler edinme ve yeni yaşantılarla tanışma konusunda zaman zaman çocuklarına zarar verebilecek kadar hassas davranabiliyor. Dışarısını çocukları için sadece risklerle dolu bir yer olarak görüp, çocuklarına da öyle gösterebiliyor. Bu da beynin yeni uyaranlarla karşılaşarak farklı yol, bağlantı ve köprüler inşa etmesini zorlaştırıyor. Daha az uyaran, beynin daha az gelişmesi demek; bu da çocuğun hayatında karşılaşabileceği bazı zorluk ve tehlikelere önceden hazır olamaması gibi bir sonuç getiriyor.

10 ve 11 yaşlarındaki 1000 çocukla yapılan bir ankette, çocuklardan kendileri için güvenli ve güvensiz alanları söylemeleri isteniyor. Trafik, yabancılar arasında kaybolmak, trenler ve terör çocukların "tehlike" olarak algıladığı alanların başında geliyor. Çocuklar için trafiğin tehlikeli bir alan olarak algılanması anlaşılabilir bir şey ve ileride trafikte dikkatli olmalarını sağlayabilir. Fakat neden bu kadar çok yabancıdan korkan çocuk var, hangi imge onları yabancılardan uzaklaştırıyor? Araştırmada bir kız kendini evinin bahçesinde güvende hissettigini belirtiyor, buna sebep olarak ise bahçede yabancıların olmadığını ve kendisini alamayacaklarını söylüyor. Tabii ki çocuklarımızı dünyanın tehlikelerinden korumalıyız, ama böyle olması için acaba çocuklarımızın her gördükleri yabancıyı potansiyel tehlike olarak mı değerlendirmesi gerekir? Çocuklarımıza bu algıyı vermiş olmakla, dışarısını tamamen güvensiz bir yer haline getirmiş olmuyor muyuz?

Çocuklarımıza ayırt edebilmeyi, farklılıkları fark etmeyi öğretmemiz gerekiyor. "Hiç bir yabancıyla konuşma" diyerek onları sosyal ortama, sosyalleşmeye karşı duyarsız hale getirmiş oluyoruz.

Çocukların çevreyle iletişime geçmeye ihtiyacı vardır, her yabancıyı potansiyel tehlike olarak görmek çocuğu pasifleştirir. Çocuğa durumun tam olarak öyle olmadığı anlatılmalı, hatta bazı zor durumlarda yabancıların yardıma koştuğu da belirtilmelidir. Başkasından yardımseverlik görmeyen çocuk, ileride kendi çevresine karşı da aynı duyarsızlığı gösterir.

Bu durumda sadece ebeveynlerin tutumunun değil çevrenin de çok büyük etkisi var. Örneğin kalabalık yerlerde fotoğraf çekenlere bile artık kuşkuyla bakıldığı, "fotoğrafta ben de çıkarsam ve bu daha sonra kötüye kullanılırsa" gibi endişelerin duyulabildiği bir toplumda yaşıyoruz. Bu algının değişmesi ancak büyüklerin endişelerinin azalması ve çocuklarına "gerçek dünyayı" sunmasıyla mümkündür.

Günümüz kültürünün özelliklerinden biri de çocuğuna yanlış davranan başka ebeveynlere gerektiğinde öğüt vermiyor, veremiyor olmak ve yardıma ihtiyacı olan bir çocuk gördüğümüzde yanına yaklaşmaktan korkmaktır. Yapılan bir araştırmada katılımcıların neredeyse yarısı tanımadıkları çocukların sıkıntılı anlarında yardıma gitmeyeceklerini belirtmiş, buna sebep olarak da başkalarının algısından çekinmelerini öne sürmüş. Dörtte birinin ise "hiç oralı olmam" demesi de bir kere daha toplumda dayanışma algısının bittiğini, birbirinden ürken, başkası hakkında sürekli kötü düşünen ve bu kötü düşüncenin aynı şekilde kendisine de yöneltileceği korkusuyla herkesten izole olan, duyarsız insan tiplerinden oluşan bir toplum oluştuğunu gösteriyor. Öyleyse hangi yol bizi ileri götürebilecek?

Çocukları sürekli denetleyerek onlara aslında iyilik yapmış olmuyoruz. Çocukları dünyayla baş edebilecekleri bir düzeye getirebilmek için onlara güvenmeli ve çevremize de o güveni vermeliyiz. Ama tabii bu noktada etkisi olanlar sadece ebeveynler değil. Medya da bu durumun giderek kötüleşmesine yol açıyor. 1940'lı, 50'li hatta 70'li yıllarda çocukların sokakta güven içinde oynayabileceği alanlar vardı, fakat şu anda böyle güvenli ortamlar yok. Bunu çocuklar da hissediyor. Eğer kendimizi insanoğluna yakın bilip daha pozitif bir bakış benimsersek, içimizdeki felaket habercisinin ve kuşkucu tarafın sesi hayatımıza hâkim olamaz. Böylece çocuklarımıza, dışarıdaki risklere rağmen, dış dünyada da mutlu olunabileceğini gösterebiliriz.

Sonsöz

Bir çocuğun büyümesi kozasından çıkmaya çalışan kelebeğin çabasına benzer. Yoruluyor, sıkıntı çekiyor diye kozasından anne ve babasının yardımıyla çıkan bir çocuğun kanatlarında ileride uçabilmek için güç olmaz.

Çocuğunu çok fazla koruyan, sürekli üstüne düşen, ilgisiyle boğan ebeveynlerin çocukları daha sonra kendilerine ait bir dünya kurmakta güçlük çeker.

Ebeveynlerin çocuklarına karşı sorumluluğu, onlara bağımsız bir hayat kurabilmeleri için gereken özellikleri kazandırmaktır. Onları hastalıklı bir şekilde koruyup her türlü riskten uzak tutmak, çocuklara bir yarar sağlamaz. Başka bir açıdan bakıldığında modern çağ çocukları, kaygılı bile olsalar, daha bilinçli ve ilgili ailelerde yetişiyor. Çocuklara biraz izin vermeli, dünyaya güvenmelerini sağlamalı, başkalarıyla oynamaları ve kendi kararlarını kendilerince almaları için fırsat tanımalıyız. Bir rehber niteliğinde, gerektiğinde ve ihtiyaçları olduğunda ellerinden tutmalı, onları daha güzel bir dünyaya hazırlamalıyız. Türlü türlü etkinlik için oradan oraya çekiştirilen "proje çocuklar" çocukluklarını yaşayamadan huzursuzluğa ve depresyona yeniliyor. Bırakalım her varlık kendi doğallığında büyüsün. Çocuklar da.

Kaynaklar
Crane, W., *Reclaiming Childhood, Letting Children Be Children in Our Achievement-Oriented Society*, Henry Holt and Co., 2003.
Rosenfeld, A., Wise, N., Coles, R., *The Over - Scheduled Child: Avoiding the Hyper - Parenting Trap*, St Martin's, 2000.
Elkind, D., *The Hurried Child: Growing Up Too Fast Too Soon*, Perseus Books, 2001.
Gerhardt, S., *Why Love Matters: How Affection Shapes a Baby's Brain*, Routledge, 2004.

Dr. Bülent Gözcelioğlu

Yok Olma Sınırında Bir Kemirici Türümüz
Fındık Faresi

Kemiriciler genelde küçük vücut yapısına sahip hayvanlar olup, değişen koşullara ve çok farklı yaşam alanlarına uyum sağlama özellikleriyle bilinirler. Ormanlar, çöl, bozkır, yüksek dağlık alanlar, tarlalar, yerleşim yerleri, sulak alanlar, toprakaltı, ağaç tepeleri gibi hemen hemen her ortamda yaşayabilirler. Otçul olmalarının yanında, büyük çeşitlilik içeren yiyeceklerle beslenebilmeleri uyum bakımından en başarılı grup olmalarını sağlar. Bu başarı, memeli hayvanlar içinde tür çeşitliliği bakımından en geniş grup olmalarının nedenidir. Dünyada memeli hayvan türlerinin neredeyse yarısı kemirici türlerine aittir. Rakamlara dökmek gerekirse, dünyadaki yaklaşık 4600 memeli türünden 2000 kadarı kemirici türleridir. Bu durum ülkemiz için de geçerlidir. Türkiye faunasında yaşayan 165 civarındaki memeli türünden yaklaşık 65'i kemirici türleridir. Ülkemizdeki kemiriciler de farklı yerlerde yaşama özelikleriyle bilinirler. Toprakaltı, sulak alanlar, bozkırlar, kayalıklar, ağaçlar yaşam alanlarını oluşturur. Bu sayımızda ağaçlarda yaşayan bir kemirici türü olan "fındık faresini" tanıtacağız. Fındık faresini seçmemizin nedeni, ülkemizde soyunun tehlikeye girmiş olması ve artık doğada konunun uzmanlarınca bile zor görülmesi ve görüntülenmesi…


Dr. Ebru Diker

Uyku zamanı başını kuyruğuyla birleştirerek yuvarlak bir hal alan fındıkfaresi bu şekilde uyur.

Fındık faresi, yediuyurlar ailesinin bir üyesidir. Yediuyurlar, sincaplara benzeyen, kuyrukları saçak biçiminde, kış uykusuna yatan bir kemirici ailesidir. Fındık fareleri de yediuyurlar ailesinin en küçük boylu üyeleridir. Boyları 11,5-16,5 cm arasında değişir. Ağırlıkları 15-30 gram kadar olur. Vücut renkleri parlak sarımsıyla kırmızımsı kahverengi arasındadır. Karın kısımları açık renkli olur. Fındık farelerinde gözler vücuda oranla büyüktür. Kuyrukları vücutlarının yarısı kadardır ve saçak gibi yumuşak kıllıdır.

Tek olarak yaşayan fındık fareleri üreme dönemlerinde bir araya gelirler. Erkeklerde alan savunması davranışı vardır. Diğer erkeklere karşı belirledikleri bir alanı savunurlar ve onların bu alana girmelerini engellerler. Erkekler yaklaşık 1, dişilerse 8 hektarlık bir alanı yaşam alanları olarak belirlerler. Erkeklerin yaşam alanları birbirleriyle sıklıkla çakışırken, dişilerin yaşam alanları fazla çakışmaz.

Fındık fareleri çok hızlı ve çevik hayvanlardır. Düşmanlarıyla karşılaşınca çalıların ve dalların altına hızlıca kaçabilirler. Yılda 1 ya da 2 kez doğum yaparlar. Doğum daha çok haziran ve ağustos ayları arasında gerçekleşir. Bir defada 1-7, genellikle 3-4 kadar yavrularlar. Yavrunun bakımı ve korunması anne tarafından yapılır. Yavrular bağımsızlıklarını 5 haftada kazanırlar. Doğada 3 yıl kadar (en fazla 4 yıl) yaşarlar.

Fındık fareleri, yaygın olarak fındık ağaçlarının ve böğürtlenlerin olduğu yerlerde yaşarlar. Bununla birlikte nemli,

bulent.gozcelioglu@tubitak.gov.tr

odun döküntüsü fazla olan geniş yapraklı ormanlarda, sık çalılıklarda ve iğne yapraklı ormanlarda da yaşarlar. Geceleri ya da akşam karanlığında aktiftirler. Diğer kemiricilerden farklı olarak ağaçlara çok iyi tırmanabilirler. İnce dallara çok iyi tutunabilirler ve bir ağaçtan diğerine geçiş yapabilirler. Yuvalarını çalıların ve ağaçların üzerinde yerden en az 1,5-2 metre yükseğe gelecek şekilde kurarlar. Çapları 6-8 cm kadar olan yuvalarında malzeme olarak otları, yaprakları, ağaç kabuklarını kullanırlar. Yavrulayacakları yuvalarsa 12 cm kadar olur. Yuvalarında kullandıkları malzemeyi iyice kemirirler ve düzenli bir şekilde döşerler. Yuvalarını yaparken tükürük salgılarını da kullanırlar. Yuvaları görülebilir girişi olmayan küre biçimli yapılardır. Bazen kuş yuvalarına da yuva yapabilirler. Küre biçimli kış yuvalarını toprakta kök aralarına ve toprağın derinliklerine yaparlar.

Kış Uykusu…

Fındık fareleri kış mevsiminin olumsuz koşularını atlatmak için kış uykusuna (hibernasyon) yatarlar. Kış uykusu, hayvanların tüm yaşamsal etkinliklerini (fizyolojik olarak) en düşük düzeye indirdikleri bir dönemdir. Bunun için yaz dönemi boyunca kış uykusuna hazırlık için bulabildikleri her şeyi yiyerek yağ depolarlar. Kış uykusu sırasında hiç beslenmeyecekleri için vücutlarında besin kaynağı olarak yağı kullanırlar. Fındık, kış uykularına hazırlık için iyi bir besin kaynağıdır. Fındık dışında böğürtlenler, tohumlar, çeşitli meyveler ve yakalayabildikleri böcekleri de yerler. Sonbahar geldiğinde vücut ağırlıkları fazlasıyla artar ve kış uykusu için hazırlıklarını tamamlarlar. Fındık fareleri yeterince yağ depolayamazlarsa kış uykusunu tamamlayamaz. Ekim ayı gelip hava sıcaklığı 15-16 ˚C'ye düşünce fındık fareleri ağaçların köklerinin olduğu yerlerde, toprak altındaki yuvarlarına girerler. Kış uykusuna girerken başlarını karınlarına doğru çekerek yuvarlak bir biçim alırlar. Kış uykusu sırasında vücut sıcaklıkları 0,25-0,50 ˚C'ye kadar düşebilir. Bu da neredeyse ölü bir vücut demektir. Kış uykusu sırasında vücut etkinliklerinin çoğu durur. Vücut sıcaklıkları çevre sıcaklığıyla hemen hemen aynı olur. Aynı şekilde, nabızları da çok düşer. Ancak, çok yavaş da olsa yaşamsal etkinlikleri devam eder. Nisan ayı geldiğinde kış uykusundan uyanırlar ve yaz barınakları olan ağaç kovukları ve kuş yuvalarına geçerler ve bir sonraki kışa kadar bu barınakları kullanırlar.

Fındık farelerini bekleyen en büyük tehlike yaşam alanı kaybı. Ormanların yok edilmesi, yeni tarlaların açılması türün geleceğini tehlikeye atmakta. Dünya genelinde henüz tehdit altında olmamasına karşın ülkemizde fındık farelerinin soyu tükenme sınırında. Bilim insanları, fındık farelerinin yediuyurlar ailesi içinde yok olacak ilk tür olacağını tahmin ediyor. Fındık farelerinin soyu tükenirse, yaşadığı bölgelerde doğal yaşamın sonu gelmez. Ancak binlerce yıldır yaşayan bir canlının soyunu sürdürmesi dengeli ve sağlıklı bir ekosistemin devamı için gereklidir.

Not: Aşağıdaki web sayfasında fındık faresine ait (doğum anları da dâhil), doğal ortamda çekilen video görüntüleri yer alıyor.

http://www.arkive.org/common-dormouse/muscardinus-avellanarius/



Halim Diker

Fındık fareleri cıvıldama ya da ıslık sesi gibi sesler çıkarırlar.
Bu sesler diğer yediuyurların çıkardığı seslerden farklıdır.



Halim Diker

Böğürtlenler sevdikleri meyvelerin başında gelir.
Genellikle kırmızı sincap yavruları sanılırlar.

Evlerde yaşayan ev faresine ülkemizde yaygın olarak fındık faresi deniyor. Ev farelerine fındık faresi denmesinin nedeni küçük boylu olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Ancak gerçek fındık faresiyle ev faresi arasında çok fark vardır.

Bulundukları ekosistemde bitkilerin tozlaşmasına katkıda bulunurlar.

Fındık farelerinin koruma altına alınması, popülasyonlarının dikkatli biçimde izlenmesi, Türkiye doğasında dengeli bir ekosistem için önemlidir.

Kaynaklar

Nowak R., M. ve J. L. Paradiso, *Walker's Mammals of the World*, Londra, 1983.

Feldhamer, G. A., Drickamer, L. C., Vessey, S. H. ve J. F. Merritt, Mammalogy: *Adaptation, diversity, and ecology*, WCB/McGraw-Hill, 1999.

http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/13992/0

Doç. Dr. Ferda Şenel

Ürolojide LAZER

Albert Einstein'ın 1917'de ortaya koyduğu teoremlere dayanılarak 1960'ta geliştirilen lazer enerjisi, kısa bir süre içerisinde tıp alanında kullanılmaya başlandı. Lazer (Uyarılmış Radyasyon Salınımlarıyla Işığın Kuvvetlendirilmesi), temelde bir tür ışık enerjisidir. Bu enerjinin üroloji alanında kullanımı, keşfinden sadece altı yıl sonra gerçekleşti. İlk olarak hayvanların idrar kesesinde denenen lazer, birkaç yıl sonra böbrek taşlarının kırılmasında kullanıldı. İlerleyen yıllarda, farklı türlerinin geliştirilmesiyle lazer enerjisi birçok ürolojik hastalığın tedavisinde kullanılır hale geldi. Lazer halen prostat büyümesinde, böbrek taşlarının kırılmasında, tümörlerin yok edilmesinde veya idrar kanalındaki darlıkların açılmasında kullanılıyor.

Lazer ışınları, oluşturdukları ısıya veya mekanik etkilere bağlı olarak dokularda değişikliğe yol açar. Dokunun maruz kaldığı ısıyla proteinlerde bozulmalar görülür. Proteinlerin yapısı, 42 derecenin üzerinde bozulmaya başlar. Isı arttıkça damarlar da büzüşür. Isı 100 dereceye geldiğinde hücre içerisindeki sıvılar buharlaşır. Dokular, barındırdıkları sıvıyı kaybettikten sonra ısı hızla artar ve doku yanmaya ve kömürleşmeye (karbonizasyon) başlar. Isı 300 dereceye ulaştığında doku tamamen buharlaşır (vaporizasyon). Lazer taş üzerine yansıtıldığında, bu ışınlar taş üzerinde kabarcıklar oluşturur. Bu kabarcıkların patlamasına bağlı olarak taş üzerinde çatlaklar ve kırıklar oluşur. Lazerin böbrek taşlarının tedavisinde kullanılmasının temelinde bu mekanizma vardır.

Lazer ışınlarının etkisi, enerjinin kaynağına ve dalga boylarına göre farklılık gösterir. Işınların etkisi lazer'in dalga boyu ve uygulandığı dokunun özelliğine göre de değişir. Ayrıca dokunun yoğunluğu, içerdiği su miktarı ve kanlanması, lazer ışınlarının etkisini belirleyen değişkenler arasındadır. Proteinler, su veya vücudun doğal boya molekülleri (pigmentler), lazer enerjisini belirli bir düzeye kadar emer ve arkaya geçirmez. Örneğin, kanın içerisinde bulunan ve dokulara oksijen taşıyan hemoglobin adlı protein 600 nm (nanometre) dalga boyuna kadar olan lazer ışınlarını emer. Dokulardaki su, 300-2000 nm'den başlayan dalga boylarındaki lazer ışınlarını emer. Tüm dokularda az veya çok miktarda bulunan su ve hemoglobin, lazer ışınlarının nüfuz ettiği derinliği belirlemekte oldukça önemlidir. Görece uzun dalga boyundaki karbondioksit (CO_2) lazeri (10,600 nm), su tarafından oldukça fazla miktarda emildiği için uygulandığı dokularda fazla derine inemez. Bu nedenle genellikle yüzeysel cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Genital bölgede görülen ve HPV (Human Papilloma Virus) adlı bir virüsün yol açtığı siğillerin yakılmasında CO_2 lazeri kullanılır. Bu lazer türü derine inemediği için, sadece yüzeysel olan yaraları yakar ve daha derindeki normal hücrelere zarar vermez.

Ürolojide, lazer ışınlarının yol açtığı ısı ve mekanik enerji kullanılır. Günümüzde lazerin en sık uygulandığı alanlar prostat ve taş ameliyatlarıdır. Prostat büyümesinde, idrar kanalından girilerek yapılan lazerli prostat ameliyatları son yıllarda oldukça yaygınlaştı. İdrar kanalından veya ciltte açılan küçük bir delikten girilerek yapılan taş ameliyatlarında taşları kırmak için lazer kullanılmaktadır. Bazı ürolojik tümörlerin veya genital bölge yaralarının yakılmasında da lazer ışınlarından yararlanılır. Son yıllarda, idrar yollarındaki darlıklar da lazer kullanılarak başarıyla açılmaktadır. Kapalı ameliyat tekniklerinin ilerlemesine paralel olarak, ürolojide lazer kullanımı her geçen gün daha fazla yaygınlaşmaktadır. Geliştirilen yeni lazer türleri sayesinde belki de yakın bir gelecekte cerrahi bıçak tarihe karışacaktır.



mfsenel@yahoo.com.tr

Prostatta LAZER Tedavisi

Prostat büyümesinin tedavisinde son yıllarda lazer ışınları kullanılıyor. Lazer'in yakma ve buharlaştırma etkisinden yararlanılıyor. Dokudaki ısı 45 derecenin üzerine çıkınca hücre yapısında bozulmalar başlar ve doku sıvı kaybeder. Bu seviyedeki kısa süreli ısı uygulaması geriye dönüşü olmayan değişikliklere yol açmaz. Isı, 50 derecenin üzerine çıktığında hücrelerde geriye dönüşü olmayan değişikler başlar. Prostattaki sıcaklık 100 dereceyi geçince, sırasıyla kaynama, kömürleşme ve buharlaşma olur. Bu olaylar zincirinin sonunda prostat dokusu küçülerek kaybolur. Lazer ışınlarıyla prostat ameliyatı, işte bu temel mekanizmaya dayanır. Lazerle prostat ameliyatını, tavada eti kızartmaya benzetebiliriz. Et ısındıkça ilk önce suyunu verir, sonra küçülmeye başlar, daha da ısıtılırsa yanarak kömürleşir.

Lazerle kapalı prostat ameliyatı yapmak için ilk önce ışıklı ince bir boruyla (sistoskop) idrar kanalından girilir. İdrar kesesinin (mesane) girişinde yer alan prostat görüldükten sonra sistoskop burada sabitlenerek içerisinden fiberoptik kablo geçirilir. Fiberoptik kablo, küçültülmek istenen prostat dokusuna doğru tutularak lazer ışınları uygulanır. Prostat ameliyatlarında dört farklı lazer türü kullanılır. Bunlar, Neodymium, Yttrium-Aluminum-Garnet (Nd:YAG), Potasyum Titanil Fosfat (KTP), Holmium (ho:YAG) ve Diod lazerdir. Lazer ışınları prostat dokusuna üç farklı şekilde verilebilir. Lazer kablosunun ucundan veya yanından çıkan ışınlar prostata yönlendirilebilir. Bu iki uygulamada lazer ışınlarını taşıyan kablo prostata doğrudan temas etmez. Uzaktan tutulan kablonun ucundan çıkan ışınlar prostat dokusunu yakar. Üçüncü uygulama şekli ise lazer kablosunun ucunu prostat dokusunun içerisine yerleştirip lazer ışınlarını doğrudan dokuya uygulamaktır. Lazer ışınlarının göze olan zararlarından ötürü, ameliyat sırasında tüm ekibin koruyucu gözlük kullanması gerekir.

Prostat ameliyatında ilk kullanılan tür Nd:YAG (Neodymium, Yttrium-Aluminum-Garnet) lazerdir. Dokulardan geçerken çok fazla emilmez ve enerjisini kaybetmez. Bu nedenle diğer lazer türlerine göre daha derine nüfuz eder. Prostat içerisindeki damarları büzüştürerek (koagülasyon) kanama olmasını engeller. Küçülen ve damarları büzüşen doku kısa süre içerisinde canlılığını kaybederek birkaç haftada dökülür. Bu lazer türünün en önemli avantajı, fiberoptik kablolardan geçirilerek vücudun istenilen bölgesine ulaştırılabilmesidir. Diğer önemli özelliği de derin dokuların kolaylıkla yakılabilmesidir. Bu sayede fazla miktardaki prostat dokusu kısa bir sürede yakılarak küçültülür. Kanamaya yol açmayan bu ameliyat yönteminde, küçülen ve ölen prostat parçaları, ameliyat sonrasında kendiliğinden dökülür. Bu dökülme sırasında parçalar idrar kanalına takılarak idrar yapmada güçlük çıkarabilmektedir. Ölü prostat dokularının tamamen dökülmesi, yani tam iyileşme bazen aylarca sürebilir. Halen, prostat ameliyatlarının bir kısmı Nd:YAG lazerle yapılmaktadır.

Günümüzde prostat ameliyatlarında en sık kullanılan lazer türleri holmium (ho:YAG) ve KTP lazerdir. Holmium lazerle prostat dokusu küçük parçalara ayrılarak çıkartılabilir. Diğer lazer yöntemlerine göre biraz daha uzun süren bu yöntemde, açık veya kapalı prostat ameliyatlarındaki gibi doku örneği elde edilmektedir. Kanama veya su zehirlenmesi gibi riskler de oldukça düşüktür. Ancak, ho:YAG lazerle yapılan prostat ameliyatlarından sonra düşük de olsa iktidarsızlık ve geri boşalma riskleri vardır. Kullanılan tekniğin öğrenilmesindeki güçlük, maliyetinin yüksek olması ve ameliyat süresinin uzun olması gibi dezavantajları nedeniyle ho:YAG lazer prostat ameliyatlarında henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Holmium lazer daha sıklıkla, dokularda oluşturduğu kabarcıklar ve bunların yol açtığı mikro-patlamalar sayesinde taşların kırılmasında kullanılmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde de oldukça sık gündeme gelen KTP lazer, prostat büyümesinin tedavisinde önemli seçeneklerden biridir. Yaydığı ışınların yeşil rengi nedeniyle KTP lazer "green light lazer" olarak bilinir. Bu teknikte, lazer ışınları prostat damarlarını yakıp büzüştürür.



SPL

Koagülasyon denilen bu mekanizma sayesinde kanama olmaz. Aynı zamanda, dokuda yarattığı yüksek ısı sayesinde prostatı buharlaştırarak küçültür. Komplikasyon oranının çok düşük olması ve bölgesel uyuşturmayla dahi yapılabilmesi, bu tekniğin önemli avantajlarıdır. Prostatı buharlaştırdığı için, patolojik incelemeye gönderilecek doku alınamaması ise tekniğin önemli bir dezavantajıdır. Ameliyatın yüksek maliyeti ve kullanılan malzemelerin devlet güvencesinde olmaması da teknikle ilgili diğer çekinceler arasındadır. KTP lazer yeni bir teknik olduğu için henüz uzun süreli sonuçları tam olarak bilinmemektedir. Bu teknikle yapılan prostat ameliyatlarının hastalara ne kadar fayda sağladığı önümüzdeki yıllarda daha iyi anlaşılacaktır.

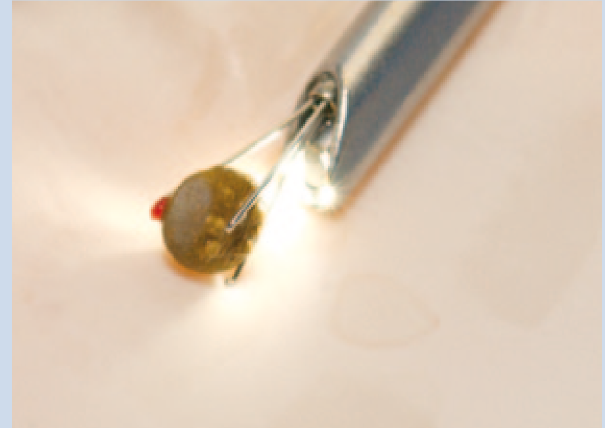
Prostat büyümesinin lazerle tedavisi hastaya önemli avantajlar getirir. Bu tür ameliyatlarda, kapalı veya açık prostat ameliyatlarında görülen kanama, su zehirlenmesi gibi ciddi yan etkiler görülmez. Prostat oldukça kanlı bir dokudur. Kapalı ameliyatlarda (TUR) kullanılan sıvılar bu damarlardan emilerek vücuda girer. Kanda fazlalaşan su miktarı, önemli minerallerin yoğunluğunda düşmeye yol açar ve su zehirlenmesi denilen hayati bir tehlike yaratabilir. Ek olarak, açık veya kapalı prostat ameliyatlarında önemli ölçüde kan kaybı olabilmektedir. Lazerle yapılan prostat ameliyatlarında bu tür tehlikeler yok denecek kadar azdır. Hastanın hastanede kalış süresi de lazer ameliyatlarında daha kısadır. Tüm bu nedenlerle, kalp, şeker veya akciğer hastalığı nedeniyle yüksek risk grubunda olan kişilerde lazer ameliyatı tercih edilebilir.

Saydığımız avantajların yanında, lazer ameliyatlarının bazı önemli dezavantajları da vardır. Bu tür ameliyatlar büyük prostatlarda çok iyi netice vermemektedir. Bu nedenle, genellikle orta büyüklükteki prostatlarda tercih edilir. En önemli sakıncalarından biri, lazer ameliyatlarının çoğunda prostattan doku çıkartılmadığı için muhtemel bir kanser teşhisinin yapılamamasıdır. Erkeklerde görülen en sık kanser türü olan prostat kanserinin bir kısmı açık veya kapalı yolla yapılan ameliyatlardan elde edilen doku örneklerinin incelenmesiyle teşhis edilir. Erken dönemde tesadüfen yakalanan prostat kanserinin tam tedavisi mümkündür. Ancak çoğu lazer ameliyatında böyle bir teşhis imkânı yoktur. Lazer ameliyatlarının uzun süreli sonuçları elde edildikçe tekniğin fayda-zarar oranları daha net olarak anlaşılacaktır.


SPL

Lazerle Böbrek Taşlarının Kırılması

Lazer ışınları, taş yüzeyinde oluşturdukları baloncuklar ve bunların patlaması sonucunda ortaya çıkan şok etkisiyle taşları parçalar. Lazer ışınları, fiberoptik kablo sayesinde vücudun istenilen bölgesine yönlendirilebilir. Böbrek taşlarının kapalı ameliyatlarında, ilk önce ciltte açılan 1cm'lik bir delikten geçirilen ince bir boruyla böbreğe ulaşılır. Böbrek içerisindeki taşın yeri saptandıktan sonra bu borunun içerisinden fiberoptik kablo geçirilir. Çevre dokulara zarar vermemek için fiberoptik kablo bu dokulardan en az 2 mm uzakta tutulmalıdır. Taş, bulunduğu yerde özel bir aletle sabitlenerek lazer kablosu taşın yüzeyine temas ettirilir. Sabitleme işlemi tamamlandıktan sonra taşın üzerine lazer ışınları uygulanır. Oluşan patlamaların yarattığı şok dalgalarıyla taş parçalara ayrılır. Bu parçaların tek tek çıkartılmasıyla böbrek taşlardan arındırılmış olur.

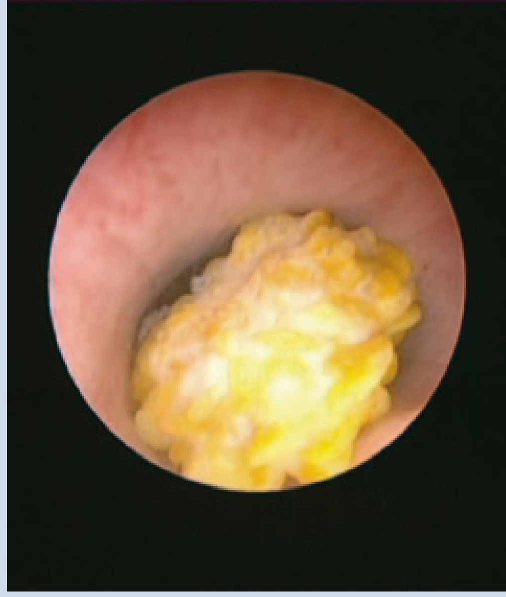


Lazerle taşların kırılması 1960'lı yıllardan beri uygulanmaktadır. İlk geliştirilen lazer türleri taşı kırmanın yanı sıra diğer dokulara hasar verdiği için çok yaygınlaşmadı. Sonraki yıllarda geliştirilen Nd:YAG, Holmium:YAG, Dye ile Aleksandrite lazerse böbrek ve idrar kanalındaki taşların kırılmasında kullanılmaktadır. Lazerin taş kırma gücü, dalga boyuna ve taşın özelliğine göre değişir. Örneğin, sistin tarafından emilimi hiç olmayan Dye lazer sistin taşlarını kıramaz. Holmium:YAG lazerse bu tür taşları rahatça kırar. Ancak, su tarafından emilebilen ho:YAG lazerin, çevre dokulara da zarar verebileceği için dikkatli kullanılması gerekir.

Lazerle taş kırma ameliyatları yüksek başarı oranlarına sahiptir. Taşın cinsi ne olursa olsun ortalama başarı oranı %80-95 arasındadır. Ancak, lazer ışınları çok düşük oranda da olsa, işlem sırasında çevre dokulara zarar verebilir veya uzun vadede idrar kanallarında daralmalara yol açabilir. Sonuç olarak, Holmium:YAG lazer, kapalı taş ameliyatlarında etkili bir tedavi şekli olsa da, işlemin yüksek maliyeti nedeniyle çok yaygın kullanılmamaktadır.

Lazerin Diğer Kullanım Alanları

Lazerin ürolojide diğer kullanım alanları, idrar kanallarındaki darlıkların açılması veya genital bölge yaralarının yakılmasıdır. Çeşitli yaralanmalara veya tahrişe bağlı oluşan idrar kanalı darlıkları, zamanla idrar yapmayı güçleştirir, hatta bazen kişi hiç idrar yapamaz. Darlıkların kapalı yolla kesilmesinde, cerrahi bıçağa (üretrotom) alternatif olarak lazer ışınları kullanılabilmektedir. Bu amaçla en sık kullanılan lazer türleri Nd:YAG, Holmium, KTP ve Argon lazerleridir. Kapalı ameliyatta, ışıklı ince bir boruyla idrar kanalından girilerek dar olan bölgeye ulaşılır. Sistoskop denilen bu borunun içerisinden, lazer ışınlarını iletecek fiberoptik kablo geçirilir. Fiberoptik kablo, idrar kanalını bir bant gibi çepeçevre saran dar bölgeye yaklaştırılarak lazer ışınları uygulanır. Bu sayede dar olan bölge kesilerek idrar kanalı genişletilir. Başarıyla uygulanan bu tekniğin dezavantajları, darlığın tekrar oluşma ihtimali ve yüksek maliyetidir.



Genital bölgede oluşan ve HPV (Human Papilloma Virus) adlı bir virüsün oluşturduğu siğil benzeri yaraların tedavisinde karbondioksit (CO_2) lazer kullanılır. Dokuya rahatlıkla odaklanabilen bu lazer türünün en önemli avantajı, oluşturduğu ısı etkisinin yüzeysel olmasıdır. Yani, CO_2 lazer, derinin üzerinde bulunan yarayı yakarken derindeki sağlıklı hücrelere zarar vermez. Cerrahi yöntemle siğillerin çıkartılmasına göre çeşitli avantajları vardır. Lazer uygulamasında kanama olmaz veya yok edilen siğilin tabanına dikiş atmaya gerek kalmaz. Çok sayıda olan genital siğillerin cerrahi yöntemle alınması uzun sürerken, lazerle daha kısa sürede yok edilebilir. Karbondioksit lazer, meni kanallarındaki tıkanıklıkları açma ameliyatlarında da kullanılmaktadır. Tıkalı olan meni kanalı çıkartıldıktan sonra, sağlıklı kanal uçlarının birleştirilmesinde lazer ışınları kullanılabilir. Ancak, başarı şansının düşük olması ve yardımcı üreme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte lazerin kısırlık ameliyatlarındaki kullanımı giderek azalmıştır.

Lazerin ürolojideki diğer bir kullanım alanı da mesane (idrar kesesi) tümörleridir. Yüzeysel mesane tümörlerinde lazer, yakma etkisiyle tümörü yok eder. Nd:YAG, Argon ve KTP lazerleri en sık kullanılan türlerdir. Lazerle yapılan ameliyatların, tümörü keserek çıkartmaya (tranüretral rezeksiyon-TUR) göre avantajları vardır. Yüksek ısı, damarlarda büzüşmeye yol açtığı için kanama riski neredeyse yoktur. Kanser hücreleri anında öldüğünden başka yerlere saçılıp oralara yerleşmez. Hastanın ameliyat sonrasında duyduğu ağrı daha azdır ve hastanede yatış süresi daha kısadır. Lazer ameliyatlarının en önemli dezavantajı, doku örneği alınamadığı için kanserin bölgesel yayılımı hakkında bilgi edinmenin mümkün olmamasıdır. Ayrıca, lazer tedavisi sadece küçük (2 cm'den küçük) ve yüzeysel olduğu bilinen tümörlere uygulanabilir.

Kapalı cerrahi tekniklerin ilerlemesi ve yeni lazer türlerinin gelişmesiyle birlikte, lazerin üroloji alanındaki kullanımı her geçen gün artmaktadır. Başta kanama olmak üzere yol açtığı komplikasyon oranlarının düşük, iyileşme sürecininse hızlı olması nedeniyle lazer tedavisi tercih edilen bir yöntemdir. Lazer ameliyatlarının yarar/zarar oranları uzun süreli takipler sonucunda belirlenecektir. Özellikle yüksek maliyet oranları, lazerin kullanım alanlarını daraltacak önemli unsurlar arasındadır. Halen, kesme yöntemiyle yapılan açık veya kapalı ürolojik ameliyatlar birçok üroloğun tercih ettiği tedavi şeklidir. Ancak yapılan yeni çalışmalarla, diğer yöntemlere göre önemli ölçüde üstünlüğü gösterilirse, lazerli ameliyatlar yakın bir gelecekte birçok ürolojik hastalıkta ilk tedavi seçeneği olabilir.

Kaynaklar

Wosnitzer MS ve MP Rutman, "KTP/LBO laser vaporization of the prostate," *Urologic Clinics of North America* 36: 4 (Kasım 2009): 471-83.

Suardi N, Gallina A, Salonia A ve diğerleri, "Holmium laser enucleation of the prostate and holmium laser ablation of the prostate: indications and outcome," *Current Opinion in Urology*, 19: 1 (Ocak 2009): 38-43.

Lee J ve TR Gianduzzo, "Advances in laser technology in urology," *Urologic Clinics of North America*, 36: 2 (Mayıs 2009):189-98.

Kılıç S ve B. İşler, "Ürolojide Lazer Kullanımı," *Temel Üroloji*, 3.baskı, 2007, s. 242-250.

Gökyüzü ve Uzaklıklar

Eğer bir arkadaşınıza bir gökcisminin yerini tarif etmeyi denediyseniz bunun zaman zaman ne kadar zor olduğunu fark etmişsinizdir. Bunun nedeni kubbe şeklinde gördüğümüz gökyüzünde mesafelerin alışkın olduğumuz uzunluk ölçüleriyle ifade edilmemesidir. İşte bu nedenle gökyüzündeki uzaklıklar "açısal" olarak ifade edilir. Gökyüzünde açı ölçme düşüncesi gözünüzü korkutmasın, bunun için çok kolay yöntemler var.

Geçen sayımızda gökyüzü koordinat sisteminden söz etmiştik. Her ne kadar gökcisimlerinin birbirlerine ya da ufka uzaklıklarını ölçmek için o kadar da gerekli olmasa da, gökyüzü koordinat sistemini kısaca hatırlatmak yararlı olabilir. Gökyüzü, yarım kubbe şeklinde göründüğü için, gökcisimlerinin konumları belirtilirken küresel koordinatlar kullanılır. Aslında bu koordinat sistemine alışkınız. Çünkü yeryüzündeki konumlar da benzer şekilde küresel koordinatlarla ifade edilir. Yalnız bazı kavramsal farklar vardır. Coğrafi koordinatlarda enlem ve boylam kullanılırken, gökyüzünde dik açıklık ve sağ açıklık kullanılır. Bu koordinatlar yeryüzündeki konumunuza bağlı değildir. Dik açıklık ve sağ açıklık değerleri gökyüzüne çizilmiş gibi sabittir ve onunla birlikte hareket eder.

Gökyüzü kubbesinin tam tepesine başucu denir. (Sağ sayfadaki gökyüzü haritasının tam ortası başucu noktasıdır.) Başucunu 90°, ufku 0° kabul edersek, karşımıza yeni bir koordinat sistemi çıkar. Ancak bu koordinat sistemi, gökyüzüyle birlikte dönmez, sadece gözlemcinin konumuna bağlıdır. Bu koordinat sisteminde, bir gökcisminin konumu, yine iki koordinatla verilir. Bunlar yükselim ve meridyendir.

Bu koordinat sistemleri gökcisimlerinin konumlarını tanımlarken çok işimize yarar. Bunların yanı sıra, özellikle gökcisimlerinin birbirlerine göre uzaklıklarını ya da bir gökcisminin ufuktan yüksekliğini ifade ederken de açısal uzaklıklardan yararlanırız. Birbirlerine ve bize gerçekte ne kadar uzak olduklarını gözle algılayamadığımız cisimlerin arasındaki uzaklığı metrelerle ifade edemeyiz.

Peki gökyüzünde açıları nasıl ölçeceğiz? Çok kolay, elimizle... Her ne kadar pek duyarlı bir ölçüm yöntemi olmasa da, bu yöntem çok kullanışlıdır. Ayrıca eliniz yer zaman yanınızda taşıdığınız bir "astronomi aletidir". Kolunuzu dirseğinizi kırmadan kaldırdığınızda, yumruğunuz 10, karışınız 20, parmağınızsa yaklaşık 1 derece görünür. Elbette bu değerler kişiden kişiye değişir, ama bu yöntem özellikle gökyüzündeki bir cismin konumunu bir arkadaşınıza tarif ederken çok işe yarar.

Eğer karışınızın ya da yumruğunuzun kaç derece genişlikte göründüğünü daha hassas olarak belirlemek istiyorsanız Büyük Ayı Takımyıldızı'ndan yararlanabilirsiniz. Büyük Ayı, gökyüzünde mükemmel bir ölçek oluşturur. Yukarıdaki çizimde Büyük Ayı'nın yıldızlarının birbirlerine açısal uzaklıkları veriliyor.

Gökyüzünde basit açı ölçümü -belki biraz abartılı bir deyim olacak ama- bazen hayat kurtarıcı da olabilir. Örneğin kamp yapıyorsunuz ve uzun bir yürüyüşe çıktınız. Hava kararmadan geri dönmeniz gerekiyor. Ne zaman geri döneceğinize, Güneş'in ne zaman batacağını hesaplayarak karar verebilirsiniz. Eğer kamp yerine iki saatlik bir yürüyüş mesafesindeyseniz ve Güneş'in batmasına iki saat kaldıysa geri dönüş zamanı geldi demektir. Burada bilmeniz gereken, yumruğunuzun ya da karışınızın açısal olarak genişliği ve Güneş'in (ve tüm gökyüzünün) saatte 15 derece kadar döndüğü. Güneş ufuktan üç yumruk genişliği kadar yüksekteyse, batmasına yaklaşık iki saat kalmıştır.

Gökyüzünde daha küçük mesafeler "Ay'ın görünür çapı" ile ifade edilebilir. Ay gökyüzünde yaklaşık yarım derece çapında bir alan kaplar. Amatör gökbilimciler gökyüzündeki "küçük" uzaklıkları tarif ederken sıklıkla bu birimi kullanırlar. Örneğin Ay-gezegen ya da sağ sayfada Jüpiter-Uranüs yakınlaşmasını anlatırken yaptığımız gibi gezegen-gezegen yakınlaşmaları bu şekilde tarif edilebilir.

TÜBİTAK 13. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği

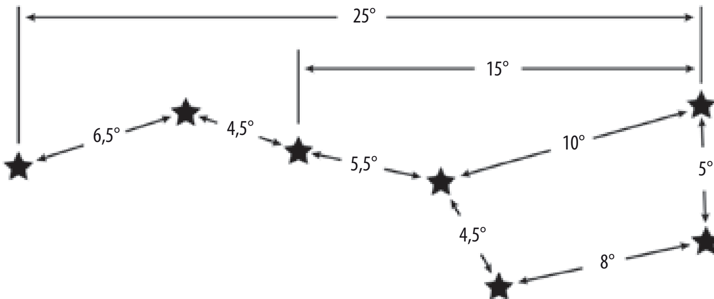
TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin düzenlediği 13. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği, 16-19 Temmuz 2010 tarihleri arasında Antalya Saklıkent'te yapılacak.

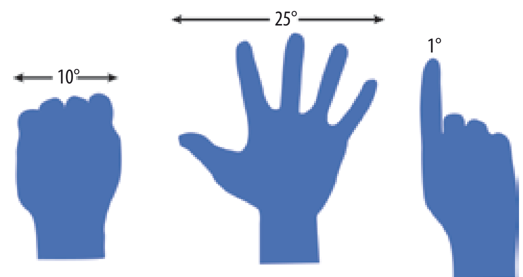
Şenlik kapsamında düzenlenecek etkinlikler arasında şunlar yer alıyor: Temel bilgilerin verileceği görsel ağırlıklı seminerler, gökyüzünü tanıtmaya yönelik çıplak gözle yapılacak gözlemler ve çeşitli gökcisimlerinin teleskoplu gözlemleri, çeşitli yarışmalar, çalıştaylar ve birçok başka eğlenceli etkinlik.

Saklıkent'in çok yakınında bulunan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nin gezilmesi ve buradaki çalışmaların tanıtılması da program dahilinde.

TÜBİTAK 13. Ulusal Gökyüzü Gözlem Şenliği'yle ilgili ayrıntılı bilgiye aşağıda verilen internet adresinden ulaşılabilir. Etkinliklere katılabilmek için başvurular yalnızca burada verilen bilgiler doğrultusunda ve yine bu sitede yer alan başvuru formlarıyla yapılabilecek.

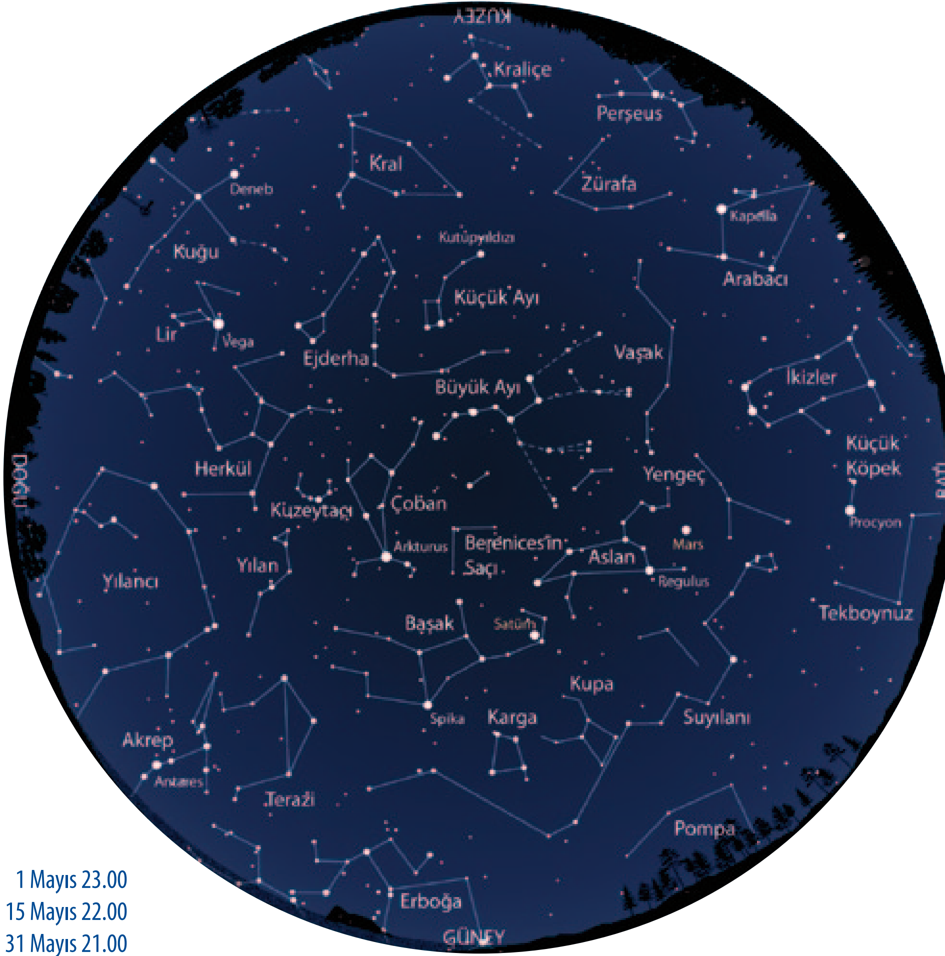
http://senlik.tug.tubitak.gov.tr





Gökyüzündeki uzaklıkları alışkın olduğumuz uzunluk ölçüleriyle ifade etmek zordur. Bunun yerine açıları ölçmemize yardımcı olan yöntemler kullanırız.

alp.akoglu@tubitak.gov.tr



1 Mayıs 23.00
15 Mayıs 22.00
31 Mayıs 21.00

03 Mayıs
Venüs, Aldebaran'ın 6° kuzeyinde (akşam)

10 Mayıs
Jüpiter, Ay'ın 9° güneyinde (sabah)

16 Mayıs
Ay, Venüs'ü örtecek (12:00 - 12:56)
Venüs, Ay'ın 3° güneyinde (akşam)

20 Mayıs
Mars, Ay'ın 7° kuzeyinde (akşam)

22 Mayıs
Satürn, Ay'ın 8° kuzeyinde

26 Mayıs
Merkür en büyük uzanımda (25°)

Mayıs'ta Gezegenler ve Ay

Merkür, ay boyunca sabah gökyüzünde. Ancak gezegenin ufuktan çıplak gözle gözlenebilecek kadar yükselmesi için ayın ikinci haftasını beklemek gerekiyor.

Venüs, çıplak gözle gözlem yapan gözlemciler için yılın en iyi konumuna gelmek üzere. Gezegen Güneş'ten yaklaşık 2,5 saat sonra batıyor. 16 Mayıs'ta Ay, Venüs'ün önünden geçecek. Gündüz saatlerinde gerçekleşecek bu olayı çıplak gözle görmek mümkün. Ay'ı gökyüzünde bulduktan sonra örtülme öncesinde ve sonrasında Venüs Ay' çok yakın olarak görülebilir.

Mars, akşam gökyüzünde güney-güneybatı yönünde görülebilir. Gezegenin parlaklığı yaklaşık 1 kadire düşmüş durumda. Bu nedenle geçen aylardaki kadar dikkat çekmiyor. Gezegen artık iyice erkenden, gece yarısı batıyor.



16 Mayıs akşamı batı ufku

Jüpiter artık sabah alacakaranlığından kurtulmuş durumda. Ancak yine de gezegeni görebilmek için sabah saatlerini beklemek gerekiyor. Jüpiter yılın en sönük göründüğü zamanlarında olsa da yine de yaklaşık -2 kadirle parlıyor.

Ayın son günleri **Uranüs** Jüpiter'e çok yakın konuma gelecek. Dürbünlü gözlemciler Uranüs'ü Jüpiter'in yaklaşık iki Ay çapı (1°) kadar solunda görebilirler.



20/21 Mayıs geceyarısı batı ufku

Satürn hava karardığında gözlem için çok iyi durumda. Bu sırada gökyüzündeki en yüksek konumuna ulaşıyor. Gezegenin görünür büyüklüğü ve parlaklığı biraz azalmış olmasına karşın teleskoplu gözlemciler için hâlâ iyi bir hedef.

Ay, 6 Mayıs'ta sondördün, 13 Mayıs'ta yeniay, 20 Mayıs'ta ilkdördün, 27 Mayıs'ta dolunay hallerinden geçecek.

Muammer Abalı



Şaşırdım!

Ben çok rüya görürüm. Merakımdan değil; görürüm kendiliğinden.
Doktorum "derin uyku uyuyamıyorsunuz da ondandır" diyor. Haklıdır herhalde.
Ben bilsem doğrusunu, zaten vazgeçeceğim bu rüya görme işinden.
Öyle rüyalar görüyorum ki, bazen kan ter içinde kalıyorum. Bir keresinde, geçen yıldı galiba, Π gününü kutlamayı unutmuşum her nasılsa. Bütün gece üzerime silahlı külahlı Π kıtaları saldırdı durdu.
Kırgın, moralsiz Π, pek iyi olmuyor. Bir türlü düzgün bir çember çizemedim rüyamda.
İki ucu hiç birleşmedi. Ya kısa geldi ya uzun. Mesela soba borusu yapacakmışım güya 20 cm çapında, yapabilirsen yap. Bir türlü keseceğim saçın uzunluğunu hesaplayamıyorum.
Zaten de Π'lerin hiç biri, bu işe gönüllü yanaşmadı: "Hadi gelin bir çember çizelim" dedikçe ben, "Π gününe ne oldu!, Π gününe ne oldu!" diye azarladılar beni.
Uyandım ki yüreğim ağzımda. Düşünsenize, benim yüzümden Π sayısı çekip bilinmezlere gitmiş!

Geçende gene çok çetrefilli bir rüya gördüm. Güya televizyonda bir program izlemekteymişim. Program şöyle bir yarışma: Geniş bir sahnede 3 tane oda var. Her oda, bir kapıyla sahneye açılıyor. Kapılar kapalı başta. Yarışma sunucusu, yarışmacıyı sahneye aldıktan sonra, bildiğiniz ufak tefek şakalarla yarışmacının heyecanını yatıştırıyor önce. Kapılardan birisinin arkasında büyükçe bir ödül var. Benim izlediğim programda bir otomobil vardı. Sunucu, "Seç bir kapı" diyor. Yarışmacı kapıyı seçtikten sonra, sunucu seçilen kapıyı açmak yerine diğer iki kapıdan birisini açıveriyor: "Bak bu boş!" Sorup öğrendim ki, daima boş olan bir kapıyı açarmış. Sonra, yarışmacıya dönüp, "İlk seçtiğin kapıda mı kalmak istersin yoksa değiştirmek ister misin?" diye soruyor.

Ben, boş bulunup, "ne fark eder, ikisi de aynı olasılık" demiş bulundum. Sen misin diyen. Anında plan değişti rüyamda. Karşımda bir mahkeme kürsüsü, kürsüde bir heybetli yargıç, yanında nemrut bir savcı! Fıs fıs konuşuyorlar! "Evet evet, bu arkadaş" diyor savcı.

Hâkim bana "Ayağa kalk!" diyor. Kalkıyorum ama şaşırmışım. Neden buradayım, bunlar kim filan yani! "Biz kimiz biliyor musun?" diyor hâkim. Hık mık ediyorum.

Gür kaşlarını şöyle kaldırıp: "Ben olasılık kuramı başyargıcıyım!"

"Bu da nereden çıktı şimdi dememe" kalmadan, başladı konuşmaya: "Sence biri dolu, ikisi boş olan üç odadan, dolu odayı bulma olasılığı nedir?". "1/3" diyorum, son derece güvenli. "Güzel, güzeel" diyor. "Peki, sunucu boş odayı açtıktan sonra, seçkiyi değiştirirsen kazanma olasılığı nedir, kaybetme olasılığı nedir?" diye asıl meseleye geliyor kestirmeden!

Ben, "demirden korkan trene binmez" güveniyle hemen "1/2" diyorum. Malum yani, orada iki kapı var, biri dolu biri boş. Değil mi arkadaşlar. Nedir doluyu bulma olasılığı? ½. O zaman değiştirmenin faydası ne?

Lafa bir başladı! Ne benim yıllarca olasılık teorisinde çürüttüğüm dirsekler, ne bana verilen emeklerin heba olmuşluğu, ne bana boşuna güvenmiş olmaları! Yani kendimi "İhtiyarlar Meclisi"nde "Polat Alemdar" sandım. Ezildim büzüldüm. Utandım.

Beni sürgüne gönderdiler. "Seni bu problemi bi hakkın çözünceye kadar sürdük" dediler. Nereye sürdüler, ben oraya nasıl giderim... Yok yani! Rüya bu ya, korkuyla uyanmışım. Başyargıcın gür kaşları gözümün önünde, doğru olasılık teorisi kitabına büküldüm.

Durumu değerlendirelim:

Şimdi ilk kapıyı seçtiğinizde, kazanma şansınız 1/3, kaybetme şansınız 2/3. Buraya kadar tamam. Peki, sunucu boş bir kapı açınca, sizin ilk kazanma şansınız kendiliğinden değişir mi? Yani salt boş bir kapı açıldı diye niye değişsin ki?

Peki, o zaman geri kalan iki kapıda 2/3 olasılıkla araba varsa, onlardan birisi boş olarak açılınca, arabanın o iki kapıdan birisinde olma olasılığı olan 2/3 değişir mi? Niye değişsin?

O halde, sunucunun size "İstersen değiştir" dediği seçilmemiş kapının dolu olma olasılığı 2/3 değil mi?

Bir de şu duruma bakın: Oyunun ilk adımını oynamışsınız . Bir kapı seçmişsiniz. O sırada anlık bir baygınlık ve hafıza kaybı durumuna uğramışsınız. "Karşınızda 2 kapı, biri dolu biri boş" diyor sunucu. Yani benim hafızam mı olasılığın ne olacağına karar verecek! Evet ½ demek için benim gibi "Olasılık Teorisi Cahili" olmak bile yeter.

Akıllara zarar bir durum gibi görünmesine bakmayın. Şöyle bakalım: Diyelim ki ilk seçtiğiniz kapı dolu. Olasılığı kaç? 1/3. Sonra iki boş kapıdan birisi açıldı, geriye kalanın dolu olma olasılığı 2/3. Toplam kazanma şansınız 1x1/3+0x2/3=1/3

Eğer ilk seçtiğiniz kapı boş ise, o zaman kazanma şansınız
0x1/3+1x2/3=2/3.

Yani eğer sunucu size tekrar seçme şansı verdiğinde, değiştirirseniz, kazanma şansınız 2/3, kaybetme şansınız 1/3. Haliyle değiştirmek akıllıca oluyor.

İkna olmadınızsa bir de şöyle düşünün: Kapıların sayısı 1000 olsun. Sunucu size "Bir kapı seçin" desin. Siz seçtikten sonra, geri kalan 999 kapının 998 tanesini açsın; hepsi de boş olarak!

O zaman ne yapardınız?

Sezgilere eziyet veren bu açmaz, gerçekten de size söylediğim gibi sonuç veriyor. Biraz internette "three door paradox" ya da "Monty Hall Three Door Game" diye arama yaparsanız, karşınıza bilgisayar simülasyonları bile çıkacaktır. Orada, eğer yeterince oynarsanız, göreceksiniz ki, ikinci şansta seçkinizi değiştirirseniz, kazanma oranınız 2/3'e doğru yaklaşıyor.

Tuhaf, ama böyle.

Sezgilere çok fazla güvenmemek gerek demek ki!

Matematikçinin rüyasına bakmayın;
siz kendi rüyanızı yaratın.
İçinde bol bol matematiğin güzellikleri olsun.

Parçacıkların Dünyası

Brian Southworth - Georges Boixader



Evrenimiz nelerden oluşmuştur?
Nereden gelmiştir?
Neden böyle davranır?

Bu soruların yanıtlarını tam olarak bilemiyoruz, fakat son yıllarda çevremizdeki evren hakkında pek çok bilgi edindik. Bu araştırmalar gözlerimizle görebildiğimizin ötesinde, minik parçacıklardan ve bunların arasında gidip gelen habercilerden oluşan bir dünya olduğunu gösterdi bize. Bu resimli kitap, sizi parçacıkların büyüleyici dünyasıyla ve onların şaşırtıcı davranışlarıyla tanıştıracak.

Parçacıklarla ilgili araştırmaların yapıldığı laboratuvarlardan biri, Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi CERN'in laboratuvarıdır. Burada CERN'in parçacıkların yaratıldığı ve incelendiği güçlü makinelerini, yani hızlandırıcıları ve dedektörleri tanıtacağız.

Öyleyse sözü daha fazla uzatmadan parçacıklara geçelim...



TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

 Doç. Dr. Abdurrahman Coşkun

Nano-Dünyanın Elektronik Gözlüğü

Elektron Mikroskobu

Görmek, kuşkusuz en güzel duygu. Yaşadığımız dünyayı görmek için gözler ve ışık gerekli. Ya çıplak gözle görülmeyen küçüklerin dünyası... Hiç merak ettiniz mi, acaba neye benziyorlar? 350 yıldan bu yana ışık mikroskobu ile bu küçükleri görebiliyoruz. Ancak ışık mikroskobuyla göremeyeceğimiz kadar küçücüklerin olduğu bir dünya daha var. Bu dünyanın perdelerini ilk kez 1931 yılında genç bir fizikçi olan Ernst Ruska, elektron mikroskobuyla araladı.

Gözlerimiz aynı zamanda birer doğal mikroskop. Dışarıdan gelen ışığı belirli bir noktaya odaklayan merceklere sahibiz. Bu merceklerin yetersiz olduğu durumlarda yardımcı görme araçlarına ihtiyaç duyuyoruz. Bu araçların başında yine mercekler geliyor. Camın MÖ 5500 yıllarından beri varlığı bilinmesine rağmen ilk mercekler MS 1. yüzyılda küre şeklindeki bir cam kabın içine su doldurularak geliştirildi. Basit merceklerin ilk atası olan bu mercek Seneca merceği olarak biliniyordu. Romalı yazar ve filozof Seneca, içi su dolu cam kürenin cisimleri daha büyük gösterdiğini fark etmişti. Gerçek anlamda ilk mercekler ancak 13. yüzyılda yapılmaya başlandı. İlk mercekler yapılıncaya kadar küçüklerin dünyası hakkında fazla bir şey bilinmiyordu. Ancak gözle görülmemesine rağmen Antik Yunan filozofları çok küçüklerin varlığı hakkında dâhiyane fikirler ileri sürmüşlerdi. Bu filozoflardan Demokritus cisimlerin giderek bölünmesiyle artık bölünemeyecek kadar küçük parçacıklara ayrılabileceğini ve bu sınıra bölünemez anlamına gelen atom adını vermişti. Elea'lı Zenon ise matematikte sonsuz küçükler gibi soyut kavramlar özerinde düşünmüştü.

Merceklerin gelişimi ve optikteki ilerlemeler küçüklerin dünyasına doğru atılan somut adımları sıklaştırmakla birlikte mikroskopla ilgili ilk çalışmaların ne zaman yapıldığı hâlâ karanlıktır. 1593 yılında İtalyan bilgin Giambattista della Porta'nın (1535-1615) *De Refractione* (Kırılma) adlı eserinde içbükey ve dışbükey merceklerin bir araya getirilmesiyle ilgili deneylerden bahsediliyordu. Yine aynı dönemde Hollandalı Sacharias Jansen'in (1580 – 1638) ilk bileşik (birden fazla mercek içeren) mikroskobu yaptığı biliniyor. 1624 yılında Alman Giovanni Faber (1574 - 1629) geliştirilen bu aletler için Yunancada türetilen mikroskop adını kullandı. Tüm bu gelişmeler yanında küçüklerin dünyasına ilk somut adımın Hollandalı Antonie Philips van Leeuwenhoek (1632 - 1723) tarafından atıldığını söyleyebiliriz. Leeuwenhoek yaptığı basit mikroskoplar yardımıyla gördüklerini çizerek yepyeni bir dünyanın adeta ilk ressamı olmuştu. Leeuwenhoek yaptığı tek mercekli mikroskopla (mercekleri kendisi imal ediyordu) 270 kat büyütme gücüne ulaşmayı başarmıştı ve bu büyütme o zaman için olağanüstüydü. Leeuwenhoek'un ilgi alanı bir hayli genişti. Bakteriler, mayalar, spermatozoitler, pireler gibi çok sayıda canlı türü üzerinde çalıştı.

17. yüzyılda İngiliz bilim insanı Robert Hook (1635 – 1703) Leeuwenhoek'un aksine 2-3 mercek içeren bileşik mikroskoplar üretti. Hook'un mikroskobu daha gelişmiş ve daha büyük olmasına karşın renk sapmaları nedeniyle Leeuwenhoek'un tek mercekli mikroskobu kadar net görüntü elde edilemiyordu. Hook 1665 yılında yayımladığı *Micrographia* adlı eserinde kendi yaptığı mikroskopla şişe mantarlarında gördüğü küçük odacıklara Latince "cellula" (hücre) adını verdi. Her ne kadar Hook bu sözcüğü canlı hücreler için kullanmadıysa da (ölü mantar hücreleri için kullanmıştı) artık hücre kavramı biyolojide kullanılmaya başlandı. Bu kitap mikroskop hakkında yazılmış ilk büyük eserdi. Kitapta sadece ölü mantar hücreleri değil sineğin gözü, bal arısının iğnesi gibi küçüklerin dünyasına ait ayrıntılar da bulunuyordu.

300 yıl boyunca küçükler konusunda sayısız çalışmalar yapıldı. Mikroorganizmalar dediğimiz küçücük canlıların o muhteşem dünyası keşfedildi. Yaşam konusundaki düşüncelerimiz temelden değişti. Ancak tıpkı gözümüzün görebildiği bir alt sınır olduğu gibi ışık mikroskoplarıyla da her şeyi görmenin mümkün olmadığı anlaşıldı. Modern optiğin kurucularından Ernst Karl Abbe (1840 – 1905) ilk kez bir cisimdeki ayrıntıları görmede kullanılan ışığın dalga boyunun sınırlayıcı etmen olduğunu ileri sürdü. Abbe'nin çalışmalarında ışık mikroskobu için sona yaklaşıldığının işaretleri görülüyordu. Oysa Küçüklerin dünyasında daha da küçükler vardı. Örneğin hücre içinde ışık mikroskobuyla görülemeyecek derecede küçük yapılar. Ya başlı başına bir dünya olan virüslere ne demeli! Bu dünyayı ışık mikroskobuyla görmek mümkün değildi. Işık mikroskobuyla 0,2 mikrometre boyutlarındaki yapıları görmek mümkündü ancak daha küçük yapılar için ışık pek işe yaramıyordu. Önceleri görmediğimiz dünyayı mercekler yardımıyla yine ışığı kullanarak görmeyi başarmıştık, ancak 20. yüzyılın başında artık ışıkla görmenin de sınırına gelinmişti. Kısacası karanlık bir denizin eşiğindeydik ve genç bir bilim insanı bu dünyanın kapılarını çok geçmeden aralayabileceğimizi gösterdi: Vakum, yüksek voltaj ve elektron ışınlarının optik davranışları konusunda çalışmalar yapan Ernst Ruska. Ruska (1906 – 1988) ışık olmadan daha da küçüklerin dünyasını görebileceğimiz bir yöntem geliştirdi. Işık yerine elektronlar kullanılacaktı. Temel işleyiş mantığı ışık mikroskobuna benzeyen bu yeni mikroskoplarda, görünür ışıktan çok daha küçük dalga boylu elektron ışınlarıyla görüntü elde edilecekti.

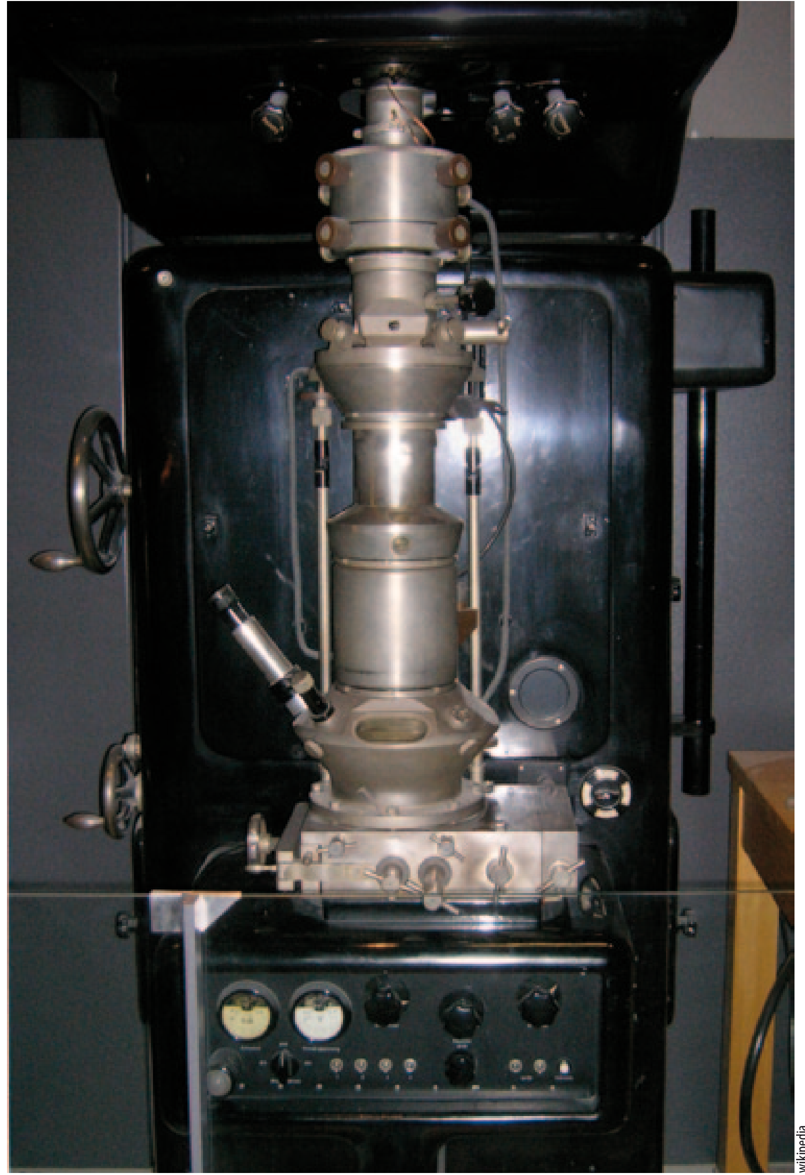
Elektron ışlınlarının davranışı konusunda daha önce çok sayıda çalışma yapılmıştı. 1858'de Julius Plücker (1801 - 1868) katot ışınlarının (elektronlar) manyetik alan tarafından saptırılabileceğini göstermişti. Eduard Riecke ise (1845 - 1915) 1881'de katot ışınlarının manyetik alan tarafından odaklanabileceğini ortaya koymuştu. 1920'li yılların sonlarına gelindiğinde elektron mikroskobunda kullanılacak mercek için fikirler olgunlaş bulunuyordu.

coskun2002@gmail.com

Ruska, 1931'de manyetik alanları, merceklerin ışığı belli bir noktada yoğunlaştırdığı gibi, elektronları yoğunlaştırmak için kullanmayı düşündü. Işık yerine dalga boyu çok küçük olan elektron demeti kullanıldığında ışıkta karşılaşılan dalga boyu engeli büyük oranda aşılmış olacaktı. Bu düşünceden yola çıkan Ruska ve arkadaşı Max Knoll (1897 - 1969) 1933'te elektron mikroskobunun ilk örneğini yapmayı başardılar. İlk mikroskobun çözünürlüğü ışık mikroskoplarına göre zayıftı. Ancak Ruska yolu açmıştı ve bu yolda ilerlemek gerekiyordu. 1937'de Siemens firmasında başladığı çalışmalarına 1939'da ilk ticari elektron mikroskobunu imal ederek devam etti. Ruska emekli olduğu 1974'e kadar çeşitli bilimsel kuruluşlarda elektron mikroskobuyla ilgili çok sayıda çalışma yaptı. Ruska'nın kardeşi Helmut Ruska elektron mikroskobunun özellikle biyoloji ve tıpta kullanılması için önemli çalışmalar yaptı.

Elektron mikroskobuyla iki boyutlu görüntü yanında üç boyutlu görüntü alınması da sağlandı. Kullanılan elektron demetinin önce hızlandırılması gerekiyordu. Hızlandırılan elektronlar incelenen malzemenin ya içinden geçiriliyor ya da yüzeyinden yansıtılarak görüntü elde ediliyordu. Elektron demetinin örnek malzemenin içinden geçirildiği mikroskoplar geçirmeli elektron mikroskobu (TEM-Transmission Electron Microscope), örnek malzemenin yüzeyinden yansıtılarak görüntünün elde edildiği mikroskoplar da taramalı elektron mikroskobu (SEM-Scanning Electron Microscope) olarak adlandırıldı. Taramalı elektron mikroskoplarıyla incelenen cisimlerin üç boyutlu görüntüleri elde edildi. Max Knoll 1935'te ilk taramalı elektron mikroskobu görüntüsünü elde etmeyi başardı.

Geçişli elektron mikroskobunda, elektron demeti görüntülenecek malzemenin içinden geçirildiğinden, incelenecek malzemenin de çok ince olması gerekiyor. Bu yöntemde önemli sorunlar ortaya çıktı. İncelenen malzeme çok ince olduğu zaman malzemenin temel özelliklerini yansıtmayabiliyordu. Bununla birlikte numuneden geçen elektron demeti çok kısa sürede soğruluyordu. Bu sorunların çözümü için yüksek voltajlı elektron mikroskopları yapıldı. 1959'da G. Duppoy ve arkadaşları ilk yüksek voltajlı elektron mikroskobunu yapmayı başardılar. Bu mikroskoplarda istenilen kalitede görüntü elde edilebilmesi için 1-3 milyon volt gibi çok yüksek gerilimler kullanılmaktaydı. Böylesi son derece yüksek gerilimler beraberinde çok önemli ve çözülmesi gereken sorunları da getiriyordu. Örneğin çok yüksek gerilim altında hızlandırılan elektronlar çarptıkları noktalarda X ışınları üretiyorlardı. Bu ışınların zararlı etkilerinden korunmak için özel kurşunlu camlar kullanıldı. Yapılan ilk yüksek voltajlı elektron mikroskopları devasa yapılardı. 1968'de Oxford Üniversitesi'nde kurulan EM7 tipi yüksek voltajlı elektron mikroskobu 3 katlı bir bina yüksekliğinde ve tonlarca ağırlıktaydı (ortalama 20 ton gibi). Elektronları belli bir noktada toplayan elektromanyetik merceklerin her biri yaklaşık 250 kg ağırlığındaydı.



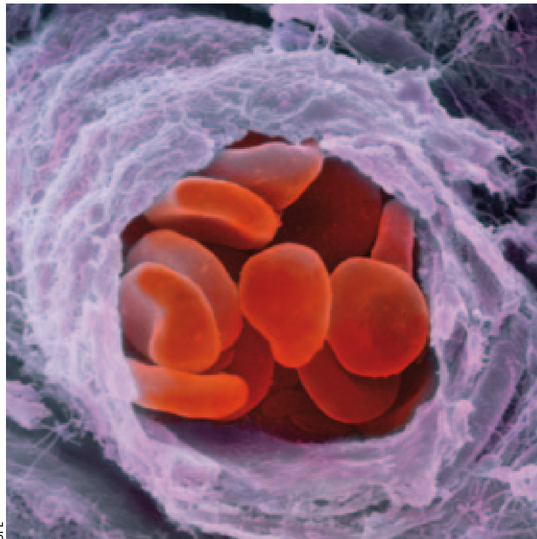
wikipedia

Normal ışık mikroskopları daha çok biyoloji ve tıpta kullanılırken elektron mikroskobu biyoloji ve tıp yanında metalurji, fizik, kimya gibi çok sayıda diğer alanda da kullanılmaya başlandı ve birçok yenilik getirdi. Özellikle taramalı elektron mikroskobu metalurjide adeta çığır açarak malzemelerin incelenmesinde önceki dönemlere göre çok büyük üstünlükler sağladı.

Elektron mikroskobunun keşfiyle ışık mikroskobundan vazgeçilmedi. Günümüzde de her iki mikroskop türünün kullanım alanları bazen çok farklı olabiliyor. Hastalıkların teşhisinde patoloji uzmanları elektron mikroskobunu kullanıyor olsalar da ışık mikroskobu genellikle yeterli olabiliyor. Elektron mikroskobunun geliştirilmeye başlandığı 1940'li yıllardan sonra kuşkusuz ışık mikroskobu üzerindeki çalışmalar da devam etti. Temel görüntüleme ilkesi aynı olmakla beraber çok farklı tiplerde ışık mikroskopları üretildi. Taramalı elektron mikroskoplarıyla kolaylıkla incelenen malzemenin üç boyutlu görüntüsü elde edilirken, ışık mikroskobun-


SPL

da gerçekleştirilemiyordu. MIT'de (Massachusetts Institute of Technology) 1957'de Marvin Minsky bu engeli aşmayı başardı. Ancak o dönemde yaşanan teknik sorunlar nedeniyle Minsky'nin mikroskobu pek ilgi görmedi. Minsky'nin çalışmaları adeta lazer ışınları için önceden hazırlanmış ve lazeri bekliyor gibiydi. Lazer teknolojisindeki gelişmelerle, incelenecek malzemenin içinden, istenilen derinlikte lazer demeti odaklanıp hareket ettirilerek kesit alınması başarıldı. Çok sayıda kesite yapılan bu işlem bilgisayarla birleştirilerek üç boyutlu görüntü elde edilebildi. Işıkla görülmeyen bölgede elektron demetinin sağladığı başarıyı, ışıkla görülen bölgede lazer başarmıştı.


SPL

Biyolojiden malzeme bilimine kadar sayısız kullanım alanı olan elektron mikroskobunun insanlığa katkısı büyüktü ve bu katkı ihmal edilemezdi. 1986'da Nobel Komitesi Ernst Ruska'yı Nobel Fizik Ödülü ile onurlandırdı. Nobel ödülleri, çalışmaların yapıldığı ve yayımlandığı yılları takiben genellikle 5-15 sene içinde verilir. Bu süre zarfında çalışmaların insanlığa sağladığı yararlar daha net anlaşılır. Ancak Ruska'ya 55 yıl sonra ödül verildi. Ruska ödül için haklı olarak, "Unutulduğumu sanmıştım" demişti. Nobel komitesi geç de olsa kendisine unutulmadığını gösterdi ve 80 yaşındayken, elektron optiğine yaptığı katkılardan dolayı Nobel'e layık görüldü.

Ruska 1985'te şunları söylemişti: "Mikrokozmosun ilk kapısını ışık mikroskobu, ikinci kapısını da elektron mikroskobu açtı. Acaba 3. kapıyı ne açacak?". Kuşkusuz en küçüklerin dünyasında kapı açılmamış olsa da olup biten çok şeyi biliyoruz. Örneğin atomu oluşturan proton, nötron ve elektronun pek çok özelliği ve hatta bunları oluşturan kuarklar. Ancak görme bambaşka bir şey ve insanoğlunun merakını her zaman uyandırmaya devam edecek. Belki 3. kapının açılmasıyla kuarkları ve diğer atom altı parçacıkları görme imkanımız olacak.

Kaynaklar
Ronan, C. A., *Bilim Tarihi, Dünya Kültürlerinde Bilimin Tarihi ve Gelişimi,* TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2005.
Yıldız, S., "Günümüz Mikroskopları,"
Bilim ve Teknik Dergisi, Mart 2003.
http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1986/index.html

Bilim ve Teknik'le Kırk Yıl

Alp Akoğlu

Mayıs 1970

40 yıl önceye gitmeye gerek yok. Bundan daha 20 yıl önce, yani CD'ler hayatımıza girmeden önce plaklar yaşantımızın önemli bir parçasıydı. Bilim ve Teknik *dergisi bundan 40 yıl önce plağın öyküsünü kapak konusu olarak seçmiş. Yazıda plağın bulunmasına kadar olan süreç, plağın bulunması, geliştirilmesi ve yaşantımızda nasıl önemli bir yer sahibi olduğu ele alınmış. Biz de bu yazıdan bazı bölümleri sizin için derledik.*

Bunun yanında dergimizin Mayıs 1970 tarihli sayısında öne çıkan bazı başlıklar şöyle: Karajan Neden Yanlış Perdeden Çalıyor?, Queen Elizabeth II Transatlantiğinin Başına Gelenler, Taş Devrinde Beyin Cerrahisi, DDT, Piramitlerin Sırları Müon Işınlarıyla Çözülecek, Uçak Düştükten Sonra, Esrarengiz Kar, Arşimed

BİLİM ve TEKNİK

GRAMOFON PLAĞININ ÖYKÜSÜ

Gramofon Plağının Hikâyesi

Zamanımızın müzik hayatını plaklar olmadan düşünmeye imkân yoktur. Onların hikâyesi ise tekniğin gelişmesi ile yakından ilgilidir. Birçok insan bu uğurda zamanlarını, emeklerini harcamışlar, yorulmuşlar, hayal kırıklığına uğramışlardır. Bugün elde edilen sonuç tahminlerin çok üstündedir ve müziğin halk kitleleri arasına yayılmasında hiçbir şey plak kadar önemli bir rol oynamamıştır.

İnsanoğlu bir parça medenileşip de boş zamanlarında şarkı söylemeye, flüt çalmaya, müzik enstrümanları yapmaya başlar başlamaz, birçok efsanelerde yer aldığı gibi ses olaylarını tekrar işitmek üzere kaydetmeyi düşünmüştür. XVII. asırda Güney Almanya'da yapılan mekanik müzik aletleri o kadar büyük gelişme göstermişti ki, bu amaca yaklaşıldığı sanılmıştı. Bunlar, üzerlerinde çeşitli uzunlukta pimlerin bulunduğu merdaneler vasıtasıyla yönetilen orglardı ki özel yayların yardımıyla kendi kendine işliyor ve org hiçbir insan eli dokunmadan kendi kendine müzik yapıyordu. Tabii bu metod yalnız org ve spinet gibi mekanik çalışan müzik aletleri için uygulanabiliyordu. Herhangi bir aletle çalınan bir müzik parçasını konserve şekline sokup saklayabilmek için her şeyden önce sesi bir "yazı" haline dönüştürecek ve sonra bu yazıyı tekrar sese çevirecek bir usul bulmak gerekiyordu.

GRAMOFON PLAĞININ HİKÂYESİ

Teorik olmasına rağmen bir ses izinin tekrar ses dalgalarına çevrilmesiyle ilgili ilk adımı Charles Cross adında bir şair 1877 nisanında "paleofon" adını verdiği bir aletten bahsettiği bir yazısı ile atmış oldu. O, isle kaplanmış merdanenin yerine balmumu bir silindir tasvir ediyordu. Sesin alınması balmumu üzerinde bir yarık meydana getirecekti. Sonra bir iğne bu yarığın üzerinde hareket ederek onu tarayacaktı.

Kısa bir zaman sonra Charles Cross'tan haberi olmayan Alva Edison bu usulü pratik olarak uygulamaya muvaffak oldu. 1877'de kamuoyuna sunulan "fonograf", stanyol ile kaplanmış çelik bir merdane kullanıyordu. Yan tarafa konulmuş bir zarın üzerindeki iğne stanyolun üzerinde dikey izler açıyor, bu sırada merdane hem dönüyor hem de her dönüşünde bir miktar ileriye doğru hareket ediyordu. Derinlemesine kazılan bu yazı, sonradan zarın iğnesinin yardımıyla taranıyordu ve zarda o şekilde titreşimler husule getiriyordu ki önceden kaydedilmiş olan akustik sinyaller tekrar işitiliyordu. Derinlemesine yapılan bu kazı yerine 1887 yılında Emil Berliner Amerika'da iğnenin yanlamasına izler açması prensibi üzerine patentini aldığı zaman bildiğimiz gramofonun hikâyesi de başlamış oldu.

1925 yılında mikrofonların gelişmesi mekanik ses kayıt sisteminden elektrik alma ve verme sistemine geçişe sebep oldu. Elektrik impulslarını plağın üzerine geçirecek iğnenin hareketini sağlamak için bu impulsların sessiz şekilde artırılması gerekiyordu. Elektron lambası bir artırıcı (amplifikatör) olarak bu görevi üzerine aldı.

Plakların çoğalması ve popüler olmasıyla beraber yuvarlak olarak 4,5 dakika kadar olan çalma süreleri artık, bilhassa büyük klasik eserler için pek kısa gelmeye başlamıştı. Yeni kompozitörler müzik idelerini 4,5 dakikaya sığdırmaya bile çalışıyorlardı.

1926'da Edison plak üzerindeki kanalları daraltarak bir plağın 20 dakika kadar çalabilmesi için çok uğraşmış, fakat sonunda muvaffak olamamıştır. Ta 1944'te Amerika'da işe yarar bir model yapılabildi ve 1948 haziranında 33 1/3 devirli yeni uzun çalan plak (longplay) piyasaya çıktı. Devir sayısının azalması (eski gramofon plağı 78 idi) aynı zamanda kanal sayısının artması 30 cm çapında bir plağın 25 dakika kadar çalabilmesine olanak veriyordu.

Hemen hemen aynı zamanda küçük parçalar ve dans müziği için 17 santim çapında, 45 devirli plastik plaklar da yapılmaya başlandı.

Pikap da islah edildi, amplifikatör ve hoparlörler de ses berraklığı bakımından her geçen gün biraz daha iyileştiler. 1950'lerde ikinci bir adım daha atıldı, bu da stereofonik plaklardı ki bunlar da birbirinden tamamıyla ayrı iki kanal sesi iki hoparlöre veriyor ve böylece müziğin tabiata en uygun ve en yakın ses alış verişi başlamış oluyordu.

İlay Çelik

Laserin Hikâyesi

Bir Bilimcinin Maceraları
Charles H. Townes
Çev. Kuthan Yelen
Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 2010.

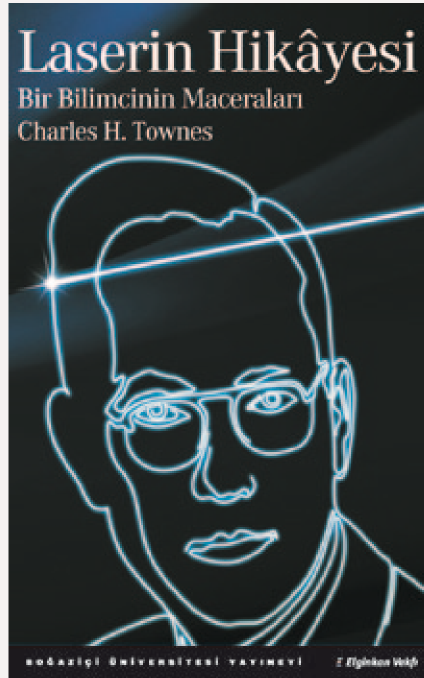
Büyük bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hikâyeleri popüler bilim kitaplarına sık sık konu olur. Bu tür kitaplar bizzat bu gelişmelerde öncü rol oynayan bilim insanları tarafından yazılmışsa kitabın söz konusu kişisel deneyimin daha önce dillendirilmemiş yönlerini de yansıtma imkânı artabiliyor. Çevirisi Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi'nden yeni çıkan, lazerle ilgili öncü çalışmalarından dolayı Nobel Ödülü kazanmış Charles H. Townes tarafından kaleme alınmış *Laserin Hikâyesi* tam da böyle bir kitap.

Charles H. Townes

Prof. Charles H. Townes (1915-), lisansüstü derecesini 1936 Duke Üniversitesi'nden fizik dalında aldı. Doktorasını 1939'da Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde tamamladı. 1933–1947 yılları arasında Bell Telefon Laboratuvarları'nda araştırmacı olarak çalıştı. Sonraki yıllarda başta Columbia Üniversitesi, MIT, California Üniversitesi olmak üzere birçok üniversitede ders verdi, yöneticilik yaptı ve çeşitli araştırma projeleri yürüttü. Maserin ve lazerin keşfine yaptığı katkılardan dolayı 1964 yılında fizik dalında Nobel Ödülü kazandı. Eserleri: *Infrared and Optical Masers*, (A. L. Schawlow ile birlikte) *Physical Review*, 1940 (1958); *Making Waves*, 1995; *Microwave Spectroscopy*, (A. L. Schawlow ile birlikte), 1955.

Büyük keşiflerin, önceden belirledikleri yolda azim ve kararlılıkla yürüyen bilim insanları tarafından yapıldığı düşünülebilir. Ancak bilimin gelişiminin çoğu zaman hayatın kendisi gibi kişisel deneyimlerin rastlantısallığıyla ilintili olduğu pek çok bilim insanı tarafından dile getirilmiştir. Yazar Townes da önsözde bu noktaya dikkat çekiyor "Bu kitapta lazerin hikâyesine bir bilimci olarak kişisel hikâyem de eşlik ediyor. Bunun sebebi, çağımızda bilim ve teknolojinin gelişiminin, bilimsel sosyoloji olarak da adlandırılabilecek bir şekilde, insan ilişkilerine ve karşılıklı etkileşimlere sıkı sıkıya bağlı olmasıdır. Lazerin gelişimi gibi şeyler yalıtılmış fikirlerden değil, bilimsel sosyal çevrelerden, meraktan, mücadeleden, bilmecelerden ve farklı pek çok kişinin etkileşiminden kaynaklanmaktadır."

Yazar kitaba lazerin yaşamımızda kullanıldığı alanlardan ve lazerin tam olarak ne olduğundan bahsederek başlıyor. Teknik ayrıntıları popüler bir dille, basit şemalar kullanarak, günlük hayatla bağlantılar ve benzerlikler kurarak anlatıyor. Daha sonra çocukluğunda kendisini bilime yönlendiren ilk deneyimlerden başlayarak lazeri geliştirme süreci çerçevesinde bilimsel yaşamını anlatmaya başlıyor. Yazarın okuru yakalayan akıcı ve sürükleyici anlatımı sayesinde, çok spesifik bir araştırma alanına ilişkin bu bilim hikayesi, roman tadında okunabiliyor.



Townes sadece lazerin keşfinin hikâyesini anlatmakla kalmıyor, uzun bilimsel kariyeri boyunca bilimsel gelişmenin ve bilim insanının doğasına ilişkin yapmış olduğu önemli tespitleri de sunuyor. "Doğayla ilgili temel araştırmalarımızdan hangilerinin faydalı olacağını (benzer şekilde bugünkü çalışmaların hangilerinin çıkmaz sokak olduğunu) öngörebilme becerimiz oldukça zayıftır. Bu durum çok basit bir gerçekten kaynaklanmaktadır. Araştırmalar sırasında keşfedilen yeni fikirler, gerçekten *yeni*dir." "Gerçekte bilim hayatının insanlarla ilgili hemen her şeyde olduğu gibi, gelişigüzel yanları vardır ve tahmin edilmesi güç yönlere dönebilir. Bu dönüşler, bir kimsenin sahip olduğu arkadaşlara ve meslektaşlarına bağlı olabildiği gibi herhangi bir şeyden de kaynaklanabilir. Elbette bu, bir kimsenin ilerlemek için yalnızca bağlantılar kurmasının yeteceği anlamına gelmiyor. İyi bir bilimci maharet sahibi ve özenli olmalı, prensip olarak ve sık sık inatla kendi yargılarına güvenmelidir."

Kitabın Türkçe çevirisinin tam da lazerin keşfinin 50. yılında yayımlanması ülkemizdeki popüler bilim yazınına anlamlı bir katkı oldu. *Laserin Hikâyesi*'nin her yaştan okura keyif ve ilham vermesini diliyoruz.

İbn El-Heysem ve Yeni Optik

Hüseyin Gazi Topdemir
Lotus Yayınevi, 2008.

Modern bilimin, çoğu Batı dünyasına mensup öncüleri çok sayıda popüler bilim kitaplarına, dergilerine ve belgesellere konu olmuşken, İslam bilim dünyasının parlak isimlerine ilişkin popüler kaynaklar pek azdır. İslam bilginlerine ilişkin bilgiler başta bilim tarihçileri ve bilim felsefecilerine hitap eden uzmanlık eserlerine adeta sıkışıp kalmıştır. Yine de son yıllarda ülkemizde bu konuya artan bir ilgi söz konusu. Bu ilgiyi hem bir ölçüde doyuracağını hem de artıracağını düşündüğümüz bir popüler bilim kitabı 2008 yılında Lotus Yayınevi'nden çıktı. Hüseyin Gazi Topdemir 'in kaleme aldığı *İbn El-Heysem ve Yeni Optik* adlı eser yayınevinin Doğulu Bilim Öncüleri dizisinin ilk kitabı.

Kitabın sekiz bölümünden ilki bilim tarihinde tüm zamanların en büyük optikçisi kabul edilen İbn El-Heysem'in yaşamını ve bilimsel altyapısını nasıl oluşturduğunu anlatıyor. "Doktor Mirabilis" başlıklı ikinci bölümde Heysem'in başyapıtı *Kitâb el-Menâzır* tanıtılıyor ve bu eserin bilim tarihindeki öneminden bahsediliyor. Üçüncü bölümde yazar, Heysem'in içinde yetiştiği entelektüel mirası irdeliyor, bu bağlamda bilimin gelişim çizgisinden, kültürler arası etkileşimin bu çizgideki belirleyiciliğinden bahsediyor. Yazar dördüncü bölümde bilimsel düşüncenin ve yöntemin gelişimini ve Heysem'in bu açıdan önemini ele alıyor. Heysem'in bilimsel



çalışmalarında matematiğin yeri ve Heysem'in bu alanda yaptığı katkılar beşinci bölümün konusu. Altıncı bölümde Heysem'in astronomi çalışmaları anlatılıyor. Yedinci bölüm Heysem'in optik bilimine büyük katkılar yapan kuramından söz ediyor. Yazar son bölümde Ortaçağ İslam biliminin ortaya koyduğu büyük birikimin çeviri hareketiyle Batı'nın karanlık çağdan çıkmasına katkısını ve bu bağlamda Heysem'in çalışmalarının hem modern optik biliminin kuruluşuna hem de modern anlamda bilimsel çalışma yöntemine yaptığı katkıları irdeliyor.

İbn El-Heysem ve Yeni Optik sadece optik bilimiyle ilgilenenlerin değil İslam biliminin genel bilim tarihindeki yerini merak edenlerin de ilgisini çekebilecek bir eser. Özellikle de bilimin gelişiminde Batı uygarlığı ile Doğu uygarlığı arasındaki etkileşimlere panaromik bir bakış sunması açısından faydalı. Kitabın sonunda bir genel dizin, geniş bir kaynakça ile İbn el-Heysem'in yaşamına dair bir zamansal dizin bulunuyor. Sade ve akıcı dili, açıklayıcı resim ve şekilleriyle geniş bir kitleye hitap edeceğini umuyoruz.

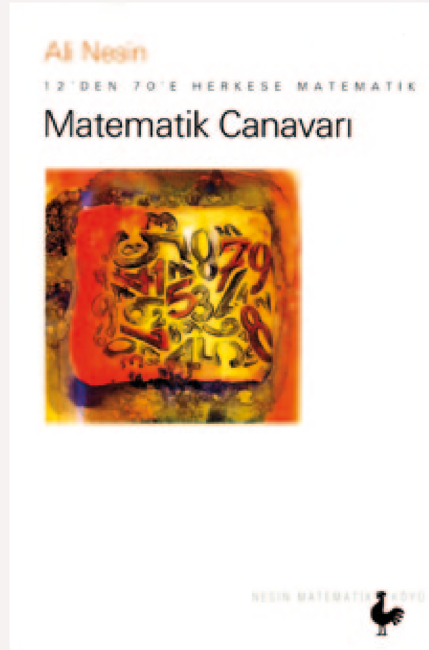
Hüseyin Gazi Topdemir

1962 Erzurum Aşkale doğumlu Hüseyin Gazi Topdemir 1985'te Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Felsefe Bölümü, Sistematik Felsefe ve Mantık Anabilim Dalı'ndan mezun olduktan sonra 1988'de yüksek lisans, 1994'te de doktora çalışmasını tamamladı. Bilimsel çalışma alanları bilim tarihi ve bilim felsefesi olan yazarın bu konularda birçok çalışması var. Özellikle yoğunlaştığı konular ise fizik tarihi (mekanik, hareket, optik) ve post-pozitivizm. Yazar Türk Felsefe Derneği'nde yönetim kurulu üyesi, ayrıca Türk Bilim Tarihi Kurumu'na üye. Halen Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih- Coğrafya Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı'nda profesör olarak çalışmalarını sürdürüyor. Yazarın diğer eserlerinden bazıları şunlar: *Bilim Tarihine Giriş* (Nobel, 1999), *Takiyüddin'in Optik Kitabı* (Kültür Bakanlığı), *Modern Optiğin Kurucusu İbn el-Heysem* (AKM, 2002), *İbrahim Müteferrika ve Türk Matbaacılığı* (Kültür Bakanlığı, 2002), *Işığın Öyküsü* (TÜBİTAK, 2007), *Bilim Tarihi* (Pegama, 2008), *Felsefe* (Pegama, 2008), *Farabi* (Say Yayınları, 2008), *İbn Sina* (Say Yayınları, 2009), *Galileo* (Say Yayınları, 2009).

Matematik Canavarı

12'den 70'e Herkese Matematik
Ali Nesin
Nesin Yayınevi, 2009

İlkokulda matematiğe olan ilgi ve sevgi eğitim ve öğretimin daha üst kademelerine göre genellikle daha yaygındır. Olumsuz taraftan bakarsak, matematik dersi daha yaygın olarak sorun yaşanan bir ders olmaya eğitim ve öğretimin daha ileri aşamalarında başlar. Bunun kuşkusuz çeşitli ve çok yönlü sebepleri var. Ancak sonuçlarından biri muhtemelen şu: matematiğin eğlenceli ve keyifli bir uğraş olabileceğini unutturması. Aslında adına matematik denmeyen, an-



cak insanlara keyif veren pek çok matematiksel nitelikli bulmaca yaygın olarak yayımlanıyor. Ancak bunlar genellikle belirli alışılmış formlarda oluyor ve en önemlisi bunların matematikle ilgisi kurulmuyor. 12'den 70'e herkese, ama özellikle matematiğe içten içe (belki de zaman zaman korkuyla karışık) bir sevgi ve ilgi besleyenlere önerebileceğimiz bir kitap geçtiğimiz yılın kasım ayında Nesin Yayınevi'nin Gençlere Matematik Kitapları serisinden çıktı.

Matematik Canavarı Ali Nesin'in yıllarca özellikle kitap fuarlarında fark ettiği yaygın bir ihtiyaca cevaben, "en anlaşılır, en eğlenceli bulduğu yazılarını daha da basitleştirerek derleyip araya bir iki yeni yazı ekleyerek" oluşturduğu bir kitap. Kitapta kimi sözel, kimi şekilsel kimi sayısal biçimde tasarlamış çok çeşitli matematik problemleri bulunuyor. Ancak bu problemler ders kitaplarındakilere pek benzemiyor. Yazar problemleri doğrudan gerçek hayatta mümkün olabilecek hikâyeler içinde veriyor ya da günlük hayatımızdan nesneler ya da durumlar çevresinde kurguluyor. Örneğin satranç tahtasıyla ve tavlayla ilgili soruların yer aldığı bölümler var. Ayrıca "Yalancının Hakkından Gelmek!" ve "Sürpriz Sınav Paradoksu" gibi başlıklar taşıyan kimi bölümler sözel nitelikli mantık soruları içeriyor. Yazar sohbet havasındaki anlatımıyla okuru hemen yazıların içine çekiveriyor. Bölümler birbirinden bağımsız ve belli bir diziliş gözetilmeden sıralanmış. Yazar önsözde kitabın bu özelliğini güzel bir öneriyle birlikte betimliyor: "Anlaşılmayan yazılar atlanıp bir sonraki yazıya geçilebilir, hatta öyle yapılmalı. Çünkü yazıları kolaydan zora doğru sıralamadım. Matematikçiler de öyle yaparlar (ama daha sonra yazıya geri dönerler!)."

Yalnızca matematik severlere değil mantık bilmece ve bulmacalarından hoşlanan herkese önerebileceğimiz *Matematik Canavarı*'nın genel okura hitap eden bir matematik kitabı olarak popüler bilim yazınına önemli bir katkı olduğunu düşünüyor ve yazarın da dediği gibi 12'den 70'e geniş bir kitleye ulaşıp matematiğe olan ilgilerini artırmasını diliyoruz.

Ali Nesin

1956'da İstanbul'da doğdu. Ortaokulu İstanbul'da Saint Joseph Lisesi'nde, liseyi de İsviçre'nin Lozan kentinde tamamlayan Nesin 1977–1981 yılları arasında Paris VII Üniversitesi'nde matematik eğitimi gördü. Daha sonra ABD'de Yale Üniversitesi'nde matematiksel mantık ve cebir konularında doktora ve 1985–1986 arasında UC Berkeley'de öğretim üyeliği yaptı. 1987–89 arasında Notre Dame Üniversitesi'nde yardımcı doçent, ardından 1995'e kadar UC Irvine'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde önce yardımcı doçent, sonra doçent, daha da sonra profesör olarak görev yaptı. 1995'ten bu yana Nesin Vakfı yöneticisi ve 1996'dan beri İstanbul Bilgi Üniversitesi Matematik Bölümü başkanıdır. Yazarın *Matematik ve Korku*, *Kim Korkar Matematikten*, *Matematik ve Sonsuz*, *Matematik ve Oyun*, *Matematik ve Doğa*, *Matematik ve Devlerle Eşekler*, *Matematik ve Gerçek*, *Önermeler Mantığı*, *Sezgisel Kümeler Kuramı*, *Sayma* adlı Kimi popüler kimi yarı akademik matematik kitaplarının yanı sıra, uluslararası çeşitli dergilerde çıkmış bilimsel makaleleri ve akademik seviyede İngilizce bir matematik kitabı bulunuyor. Nesin ayrıca *Matematik Dünyası* adlı popüler matematik dergisinin sorumlu yazı işleri müdürü ve Şirince'deki Nesin Matematik Köyü'nün kurucusudur.

En Uzak Yakınlık

Altı basketbolcu, kenar uzunluğu 120 birim olan eşkenar üçgen biçiminde bir alanda antrenman yapacaklardır. Antrenör, her basketbolcunun diğerlerinden olabildiğince uzak biçimde durmasını ister. Birbirlerine en yakın iki (ya da daha fazla) sporcunun aralarındaki uzaklık en fazla kaç birim olabilir?

Tam Sihirli Kare

1'den 16'ya kadar sayıları birer kez kullanarak, bütün satırların, sütunların, köşegenlerin, kırık köşegenlerin (B+G+L+M, C+H+I+N, D+E+J+O, A+H+K+N, B+E+L+O, C+F+I+P), simetrik karelerin (A+D+M+P, B+C+N+O, E+I+H+L) ve 2x2'lik tüm kare blokların toplamlarının birbirine eşit olduğu bir sihirli kare elde etmek istiyorsunuz.

Kaç farklı çözüm bulabilirsiniz?
Bunlar arasında AxFxKxP köşegen çarpımının değeri en az kaç olabilir?

Çözümlerden biri örnek olarak aşağıda verilmiştir.

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P

1	14	4	15
12	7	9	6
13	2	16	3
8	11	5	10

Paylaşma

A, B, C, D, E, F ve G isimli 7 kişi, 50 adet altını aralarında paylaşmak için bir oyun oynuyorlar. Her biri, gerektiğinde ceza olarak ödemek üzere yanlarında birer adet fazladan altın getirmiştir. A'dan başlayarak her biri sırayla altınların nasıl paylaşılması gerektiğine dair bir öneri sunacaktır.

Eğer teklifi yapan dahil olmak üzere oyunda kalan oyuncuların yarısından fazlası teklifi kabul ederse altınlar buna göre dağıtılacak ve oyun bitecektir.
Teklif kabul edilmezse teklifi yapan oyuncu oyundan atılacak, yanında getirdiği bir altın oyun sonunda en çok altını elde eden oyuncuya verilmek üzere elinden alınacak, teklif sırası bir sonraki oyuncuya geçecek ve oyun kalan oyuncularla devam edecektir.

Her oyuncu oyun sonunda mümkün olduğunca fazla altın elde etmeye çalıştığına ve tüm olasılıkları düşünerek hatasız oynadıklarına göre oyun sonunda en çok altını alan oyuncu kimdir ve kaç altın alır?

Not: Oyuncular alacakları altın miktarının belirsiz olduğu durumlarda olası en az altını alacaklarını varsaymaktadır. Örneğin bir oyuncu 6 altınlık bir teklifi kabul etmediği durumda %50 ihtimalle 5 altın, %50 ihtimalle 20 altın alacaksa 1 altın kaybetme riskine girmez ve 6 altınlık teklifi kabul eder.

Harf, Sözcük, Cümle

Bir dille ilgili kurallar şunlardır:

- Bu dilin alfabesinde beş harf bulunmaktadır.
- Her sözcük en az bir, en fazla beş harften oluşur. Sözcüklerde harf tekrarı olamaz.
- Her cümle en az bir, en fazla beş sözcükten oluşur. Cümlelerde sözcük tekrarı olabilir.

Bu dilde yazılmış ve sözcükler arasındaki boşlukların silindiği, 15 harflik bir mesaj bulunmuştur. Bu mesaj, en fazla kaç farklı cümleye ait olabilir?

Not: Oluşabilecek her sözcük ve cümlenin anlamlı olduğunu varsayın.

Robotlar

İki ucuna A ve B diyeceğimiz doğrusal bir pistte robotlarla ilgili bir deney yapılmaktadır. Pistin her iki ucunda onar adet robot bulunmaktadır.
Deneye başlama işaretiyle A'daki on robot birer dakika aralıklarla B'ye doğru harekete geçerler. Aynı başlama anında B'deki on robot ise ikişer dakikalık aralıklarla A'ya doğru hareket ederler. Herhangi iki robot pist üzerinde karşılaştıklarında geriye dönerek hareketlerini zıt yönde sürdürmektedirler. Bir robot, A veya B uçlarından herhangi birine ulaşınca hareketini tamamlamaktadır. Tüm robotların hareketlerini tamamlamasıyla deney sona erecektir. Robotların hızları birbirlerine eşittir ve sabittir. Bir robotun bir uçtan diğerine gitme süresi 30 dakikadır. Robotların dönüşleri sırasında zaman ve hız kaybetmedikleri varsayılacaktır.

Bu deneyin toplam süresini hesaplayınız.

Gemi ve Motor

Boğazın iki kıyısı arasında sürekli seferler yapan (kıyılardan birine ulaşınca hiç beklemeden geri dönüp diğer kıyıya doğru yoluna devam eden) bir gemi ve bir motor aynı anda karşılıklı kıyılardan harekete geçerler. Gemi, motorla karşılaştıktan 18 dakika sonra karşı kıyıya ulaşır. Hareket etmelerinden150 dakika sonra ise üçüncü kez karşılaşırlar. Motorun hızı 30 km./saat olduğuna göre geminin hızını bulunuz.

Geminin ve motorun hızlarının sabit olduğunu ve bir kıyıdan diğerine dönerken hız kaybetmediklerini varsayınız.

Katlanan Kare

Ön yüzü yeşil arka yüzü gri renkte olan kare biçimindeki bir kartonun bir yüzünün alanı 96 birim karedir. Bu karton katlanarak sağdaki şekil elde edilmiştir. X noktası kenarın orta noktası olduğuna göre lacivert renkli alanı hesaplayınız.

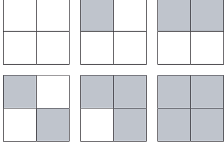


Uçurtmalar

Uçurtma yarışmasındaki tüm uçurtmalar 3x3'lük karelere ayrılmış kâğıtlardan oluşmaktadır. Uçurtmalar uçarken, rüzgârın etkisiyle dönmekte ve ters yüz olabilmektedirler. Aşağıdan bakanların, uçurtmaları birbirlerine karıştırmaması için bu 9 karenin bazıları (hem ön hem de arka yüzleri) hakemler tarafından siyaha boyanacaktır.

Bu yarışmaya en fazla kaç farklı uçurtma katılabilir?

Soru 2x2 karelik uçurtmalar için sorulsaydı yanıt 6 olacaktı.

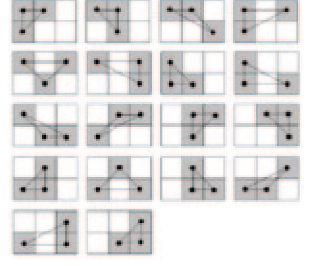


Satranç Üçgenleri

Köşeleri 8x8'lik bir satranç tahtasındaki karelerin merkezlerinde olan üçgenler çizilecektir.

Kaç farklı üçgen elde edilebilir?

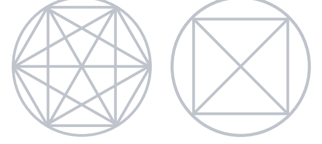
Soru 2x3'lük bir tahta için sorulsaydı yanıt 18 olacaktı.



Altıgen

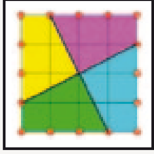
Köşeleri birim çember (yarıçapı 1 birim olan çember) üzerinde olan düzgün bir altıgenin tüm kenarlarının ve köşegenlerinin uzunluklarının çarpımını bulunuz.

Soru kare için sorulmuş olsaydı yanıt 16 olacaktı.



Geçen Sayının Çözümleri

Kareyi Bölmek



Köprü

11:40

Siz A'dan B'ye 200 dakikada gittiğinize, arkadaşınız ise B'den A'ya 160 dakikada geldiğine göre hızınız arkadaşınızın hızının 4/5'idir. Köprüye aynı anda ulaşıp siz arkadaşınızdan 1 dakika sonra çıkıyorsunuz. Buna göre köprüyü siz 5 dakikada geçtiniz, arkadaşınız ise 4 dakikada geçti.
Sizin A'dan köprüye gitme süreniz AK, arkadaşınızın B'den köprüye gitme süresi BK ve köprüden A'ya gitme süresi KA olsun.
AK = t dersek, arkadaşınız sizden 30 dakika önce yola çıkıp sizinle aynı anda köprüye ulaştığına göre BK = t + 30'dur.
Arkadaşınız B'den A'ya 160 dakikada ulaştığı için BK + 4 + KA = 160 olması gerekir.
t + 30 + 4 + KA = 160'dan KA = 126 - t bulunur.
A ile köprü arasındaki uzaklığı siz t dakikada gittiğinize, arkadaşınız ise 126 - t dakikada gittiğine ve hızlarınızın oranı 4/5 olduğuna göre t/(126-t)=5/4'ten t = 70 dakika bulunur.
Köprüye ulaştığınızda saat 10.30 + 70 dakika = 11.40'tı.

On iki Sayı

82.278
Sayılar:
(3, 14, 43), (11, 19, 42),
(16, 21, 41), (28, 29, 33).

Boş Cetvel

X = 23 birim.
İşaret konacak yerler:
(1, 2, 11, 15, 18, 21 birimi gösteren yerler)

Sihirli Çarpım

3375
Örnek çözüm:

75	1	45
9	15	25
5	225	3

Asansörler

36 katlı olabilir.
Asansörler ve durdukları katlar şekilde gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E
1	x	x	x		
2	x			x	x
3	x				
4	x				
5	x				
6	x				
7	x				
8	x				
9		x			
10		x			
11		x			
12		x			

	A	B	C	D	E
13		x			
14		x			
15		x			
16			x		
17			x		
18			x		
19			x		
20			x		
21			x		
22			x		
23				x	
24				x	

	A	B	C	D	E
25				x	
26				x	
27				x	
28				x	
29				x	
30					x
31					x
32					x
33					x
34					x
35					x
36					x

Sırt Numaraları

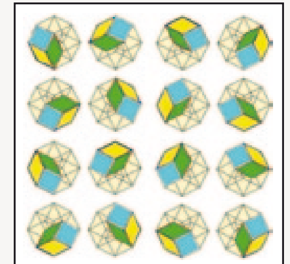
293

Topları Sırala

10 tartım.

Farklı Küpler

16



TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisine Gönderilen Yazı ve Görsellerin Sahip Olması Gereken Özellikler

1. TÜBİTAK Bilim ve Teknik dergisi popüler bilim yazıları yayımlayan bir dergidir. Bu nedenle dergimizde yayımlanan yazılar genel okuyucu tarafından anlaşılabilecek düzeyde, net, yalın ve teknik olmayan bir Türkçe ile yazılmış olmalıdır. Yazılar, başlık, sunuş, ana metin, alt başlıklar, çerçeve metinleri ve görsel malzemelerden oluşmaktadır.

Başlık: Konuyu en iyi ifade edebilecek nitelikte, kısa ve ilgi çekici olmalıdır.

Sunuş: Yazının sunuşu başlığın hemen altında yer alır ve konunun önemini, yazının ilginç yanlarını okuyucuda merak uyandıracak biçimde anlatan birkaç kısa cümleden oluşur. Bu kısım sayfa düzeninde farklı bir yazı karakteriyle, ana metinden ayrı biçimde başlığın altında yer alacaktır.

Ana metin: Ele alınan konunun, savunulan düşüncenin ve ilgili olayların örneklerle açıklandığı bölümdür. Yazılar yapılan bir araştırmayı tanıtmaya yönelik olabilir. Ancak bu gibi durumlarda dahi dergimizin bir popüler bilim yayın organı olduğu göz önüne alınarak, yazının önemli bir kısmının konuyu çok genel hatları, temel bilgileri ve kısa bir gelişim tarihçesiyle okura tanıtması gerekmektedir. Burada teknik terimlerin ve temel kavramların net bir şekilde açıklanması beklenmektedir. Yazının geri kalan kısmında araştırmaya özel hususlardan ve araştırmanın genel katkısından bahsedilmeli, önemi ve yaygın etkisi vurgulanmalıdır. Varsa, konu hakkındaki başlıca görüş farklılıklarına işaret edilmeli, ancak ayrıntılı tartışma ve yargılardan kaçınılmalıdır. Çok ender durumlar dışında yazıda formül bulunmamalıdır.

Alt başlıklar: Ana metinde işlenecek konuyla ilgili farklı görüşlerin ve durumların anlatıldığı paragraflar alt başlıklarla ayrılabilir.

Çerçeve metinler: Ana metinde ele alınan konuyu destekleyici, konuya yeni açılımlar getiren, kimi zaman uzmanlar dışındaki okuyucuların anlayamayacağı nitelikteki teknik kavramları açıklayan, kimi zaman uzman görüşlerinin yer aldığı kısa metinlerdir. Çerçeve metinler yazarın kendisi tarafından hazırlanabileceği gibi, konunun uzmanına da yazdırılabilir.

Kaynaklar: Yazının başvuru kaynakları mutlaka liste halinde yazının sonunda verilmelidir. Kaynaklar aşağıdaki örnek biçimlere uygun şekilde yazılmalıdır:

Alp, S., *Hitit Güneşi*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2002.

Şeker, A., Tokuç, G., Vitrinel, A., Öktem, S. ve Cömert, S., "Menenjitli Vakalarda Beyin Omurilik Sıvısındaki Enzimatik Değişimler", *Çocuk Dergisi*, Cilt 1, Sayı 3, s. 56-62, 1 Mart 2008.

Soylu, U. ve Göçer, M., "Göller Bölgesi Sulak Alanlar Durum Değerlendirmesi," Göller Bölgesi Çalıştayı, 8–10 Aralık 1995.

http://www.news.wisc.edu/16250

Anahtar kavramlar: Konuyla ilgili en çok beş adet kısa açıklamalı anahtar kavram verilmelidir.

Görsel malzemeler: Yazıda ele alınan düşünceyi destekleyici ve açıklayıcı fotoğraf, çizim, grafik gibi sunuşu zenginleştirici öğelerdir. Görsel malzemeler yayın tekniğine uygun kalitede, yeterli büyüklük ve çözünürlükte (baskı boyutunda en az 300 dpi) olmalıdır. Açıklama gerektiren görsellerin alt ve iç yazıları ve görselin kaynağı yazı metninin altında mutlaka verilmelidir. Yazarın temin ettiği görsel malzemelerin telif hakkı sorumluluğu yazara aittir. Yazar gerekli izinleri almakla yükümlüdür.

2. Yazı .txt ya da .doc formatında, elektronik ortamda bteknik@tubitak.gov.tr adresine iletilmelidir. Seçilen görsel malzemelerin nerede kullanılması istendiği metinde işaretlenmiş olmalıdır. Görsel malzemeler metnin içinde değil, ayrıca gönderilmelidir.

3. Bilim ve Teknik dergisine ilk defa yazı gönderecek kişilerin yazılarını eğitim durumlarını ve yazdıkları konudaki yetkinliklerini gösteren 40-60 kelimelik bir özgeçmişi fotoğraflarıyla birlikte göndermeleri gerekmektedir.

4. Dergi yönetiminden onayı alınmış özel durumlar dışında, bir yazı 1800 kelimeyi geçmemelidir.

5. Yukarıdaki koşulları yerine getirdiği takdirde önerilen yazılar, Yayın Kurulu, Konu Editörleri ve Bilimsel Danışmanlar tarafından değerlendirilir. Yayımlanmasına karar verilen yazılar redaksiyon sürecine alınır ve yazarın onayıyla yazı yayımlanma aşamasına getirilir.

6. Yazının; bilimsel, etik ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir.

7. Yukarıdaki koşullar kabul edilerek dergimize gönderilen ve yayımlanan yazıların her türlü yayın hakkı, TÜBİTAK Bilim ve Teknik dergisine aittir.

Not: Dergimiz için yazı hazırlamak isteyenler için daha geniş bilgi içeren "Popüler Bilim Yazarları İçin El Kitabı" http://biltek.tubitak.gov.tr/bdergi/popülerbilimyazarligi.pdf adresindedir.